

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсової роботи

з дисципліни «Металознавство»

для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство»
освітньо-професійної програми «Прикладне матеріалознавство,
новітні технології та комп'ютерний дизайн матеріалів»
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання
закладів вищої освіти

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 2 від 29.06.2021 р.

Харків
НТУ «ХПІ»

2021

Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Металознавство» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» освітньо-професійної програми «Прикладне матеріалознавство, новітні технології та комп'ютерний дизайн матеріалів» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання закладів вищої освіти / Укл. Протасенко Т. О., Реброва О. М., Шевченко С. М., Федоренко Г. А. – Харків: НТУ «ХПІ», 2021. – 60 с.

Укладачі: Т. О. Протасенко, О. М. Реброва, С. М. Шевченко, Г. А. Федоренко

Рецензент О. С. Терлецький

Кафедра «Матеріалознавство»

ВСТУП

Згідно з освітньо-професійною програмою «Прикладне матеріалознавство, новітні технології та комп'ютерний дизайн матеріалів» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 132 «Матеріалознавство» курсова робота з дисципліни «Металознавство» є обов'язковою формою самостійної позааудиторної роботи студентів денної форми навчання.

Метою курсової роботи є поглиблення, закріплення та розширення теоретичних і практичних знань, які одержані студентами при вивченні дисципліни «Металознавство», а також придбання практичного досвіду з використання цих знань для комплексного аналізування діаграм стану подвійних сплавів.

Завданням студентів при виконанні курсової роботи є:

- використання набутих знань з теорії будови металів, кристалізування;
- розглядання механізму пластичного деформування, його впливу на мікроструктуру, а також на щільність дислокацій;
- вивчення сутності явища наклепу і його практичного використання;
- розглядання сутності рекристалізувальних процесів, які протікають при нагріванні деформованого металу;
- оволодіння навичками аналізування діаграм стану подвійних сплавів;
- визначання за діаграмами стану процесів утворювання структур двокомпонентних сплавів;
- побудування із застосуванням правила фаз кривих охолодження для

сплавів заданого складу;

– визначання природи фаз, їх хімічного складу і кількісного співвідношення при заданій температурі

Курсова робота є заключним етапом засвоювання дисципліни «Металознавство». Виконання курсової роботи, в свою чергу, формує у студентів уміння, необхідні для подальшого розв'язування широкого кола інженерних питань.

Мета методичних вказівок – навчити самостійно користуватись технічною, у тому числі довідковою літературою, розвинути навички до самостійної роботи та наукового досліджування. Методичні вказівки призначені для студентів освітньо-професійної програми «Прикладне матеріалознавство, новітні технології та комп'ютерний дизайн матеріалів» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 132 «Матеріалознавство» денної форми навчання закладів вищої освіти.

1. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

Мета виконання курсової роботи – навчити студентів орієнтуватися в питаннях будови чистих металів і металевих сплавів, процесах формування структури двох- і трикомпонентних сплавів у рівноважному стані.

Дисципліна не містить у собі питання технології та може відігравати роль наукової основи під час подальшого навчання студентів з дисциплін «Теорія і технологія термічної обробки», «Теорія та технологія хіміко-термічної обробки», «Леговані сталі», «Кольорові метали і сплави».

При виконанні курсової роботи студенти мають можливість удосконалити свої професійні знання при опрацюванні відповідної спеціальної літератури з метою більш глибокого розуміння будови металів і сплавів, взаємозв'язку структури та властивостей. Ці знання повинні забезпечити вміння фахівців проводити оцінювання комплексу фізико-механічних і технологічних властивостей металів і сплавів за їх структурою, а також розв'язувати завдання, пов'язані з керуванням властивостями та якістю металу шляхом трансформування структури під впливом різних видів обробляння.

Курсова робота виконується кожним студентом, базуючись на індивідуальних завданнях, перелік яких поданий нижче відповідно до списку, наведеному у журналі групи. Кожне завдання містить у собі:

- два питання, пов'язаних з основним розділом металознавства – металографією, яка є наукою про формування структури металів і металевих сплавів;
- діаграму стану двокомпонентних металевих сплавів, яку необхідно проаналізувати відповідно до нижченаведеної далі схеми.

При виконанні курсової роботи необхідно мати уяву про наступні розділи дисципліни:

- металографія та її значення для металургії та машинобудування. Взаємозв'язок між категоріями: хімічний склад, структура, властивості. Механічні, фізичні та хімічні властивості металів. Поняття про макроструктуру, мікро-

структуру та кристалічні структури металів, методи їх досліджування;

– особливості будови рідких металів. Залежність вільної енергії фаз від температури. Температура і ступінь переохолодження. Основні параметри кристалізування: швидкість утворювання центрів нової фази та лінійна швидкість зростання кристалів. Механізм кристалізування. Гомогенне і гетерогенне зароджування кристалів у рідині. Критичний зародок. Принцип структурної та розмірної відповідності;

– механізм зростання металевих кристалів у розплаві. Зв'язок лінійної швидкості зростання зі ступенем переохолодження. Кінетика процесу кристалізування. Величина зерна, вплив модифікування на величину зерна. Форма кристалів. Умови, які визначають форму кристалів, які зростають. Дендрити, механізм їх зростання. Макроскопічна будова металевих виливків;

– явище поліморфізму в металах. Фактори, які впливають на поліморфізм. Два механізми поліморфного перетворювання: нормальний і зсувний;

– особливості деформування полікристалів: змінювання форми зерна, утворювання текстури, змінювання внутрішньої будови деформованого металу. Властивості деформованого металу і механізм зміцнювання;

– знеміцнювання деформованого металу під час нагрівання. Структурні змінювання при відпалюванні та рекристалізуванні. Величина зерна залежно від ступіню деформації та температури відпалювання. Гаряче і холодне деформування.

– діаграма стану як геометрична модель рівноваги фаз. Способи побудування діаграм фазової рівноваги. Застосування правила фаз під час аналізування подвійних систем;

– фази в металевих сплавах, тверді розчини (типи твердих розчинів, фактори, які впливають на розчинність у твердому стані). Проміжні фази (сполуки валентного типу, надструктура, електронні сполуки, фази проникнення, сігма-фази, фази Лавеса). Сполуки змінного і постійного складу. Загальне уявлення про характер міжатомного зв'язку в проміжних фазах. Класифікація проміжних

фаз за М. С. Курнаковим.

– діаграми стану подвійних систем з необмеженою розчинністю компонентів у рідкому і твердому станах. Різновиди діаграм даного типу. Аналізування діаграми стану під час кристалізування сплавів із застосуванням правила фаз і правила відрізків (важеля);

– системи евтектичного типу з обмеженою розчинністю. Механізм евтектичного кристалізування, будова евтектичних колоній. Поняття про структурну складову в сплавах. Різновиди діаграм стану евтектичного типу. Система з ретроградним солідусом;

– системи перитектичного типу. Системи із проміжними фазами, які плаваються конгруентно та інконгруентно;

– системи з обмеженою розчинністю компонентів у рідкому стані. Моноектичне і синтектичне перетворювання. Граничні випадки нонваріантних рівноваг;

– системи з поліморфними перетворюваннями. Евтектоїдні та метатектичні нонваріантні рівноваги;

– перитектоїдна нонваріантна рівновага. Системи з монотектоїдною рівновагою. Системи з поліморфними проміжними фазами. Системи, у яких евтектоїдна і перитектоїдна рівноваги не пов'язані з поліморфними перетворюваннями;

– ліквіація в сплавах. Основні типи ліквіації: внутрішньокристалічна, зональна, гравітаційна. Способи, що запобігають утворенню цих видів ліквіацій;

– визначання складу потрійних сплавів. Властивості концентраційного трикутника. Правила відрізків і центру ваги трикутника. Основні типи потрійних систем: з необмеженою розчинністю компонентів у рідкому і твердому станах, з обмеженою розчинністю у твердому стані та чотирифазною евтектикою, нерозчинністю у твердому стані. Системи із проміжними фазами. Системи із чотирифазним перитектичним перетворюванням. Просторові діаграми та їх проекції, аналізування процесу кристалізувальних і фазових перетворювань у

сплавах у твердому стані за допомогою правил відрізків і центру ваги трикутника. Методика побудування політермічних та ізотермічних розрізів. Загальне уявлення про діаграми стану четвертих систем;

Матеріали, які студент вважає за необхідне навести в даній курсовій роботі, можуть бути оформлені у вигляді окремого розділу.

Особливістю даної курсової роботи є те, що підвищена увага приділяється аналізуванню діаграм стану двокомпонентних сплавів, які дозволяють якісно характеризувати багато фізико-хімічних, механічних і технологічних властивостей сплавів.

Аналізування діаграм стану дозволяє, крім того, розв'язувати важливі інженерні завдання: за допомогою діаграм можливо визначити, які саме сплави, і в якому напрямку змінюють свою структуру, а також деякі властивості при переході до нерівноважного стану, який залежить від реальних умов лиття, оброблення тиском, термічного оброблення, яке проводиться спеціально.

У методичних вказівках показані методичні шляхи та можливість розв'язування цих питань на підставі розглядання перетворювань, що протікають у сплавах. У зв'язку із цим у завданнях наведені переважно ті діаграми стану, які характеризують фазовий склад сплавів, які близькі до сплавів, які широко застосовуються у техніці.

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ДІАГРАМ ПОДВІЙНИХ СПЛАВІВ І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ПО ЇХ АНАЛІЗУВАННЮ

Розв'язування наведених нижче завдань включає виконання наступних пунктів:

- 1) Накреслити задану діаграму стану (як зазначено на рис. 1.4).
- 2) У кожній області діаграми вказати структури, які утворюються в сплавах даної системи в стані рівноваги.

На діаграмах, даних у завданнях, зазначений фазовий склад, який відповідає рівноважному стану. Але знати тільки один фазовий склад недостатньо для того, щоб судити про перетворювання і властивості сплаву.

Як приклад, на рис. 1.1 представлена діаграма стану сплавів, які мають однаковий фазовий склад (рис. 1.1, а) в областях *a*, *б*, *в* і *г*, який складається із суміші двох твердих розчинів α і β , де α – твердий розчин на основі компонента *A* і β – твердий розчин на основі компонента *B*. Структурний же склад (рис. 1.1, б) для кожної області діаграми різний.

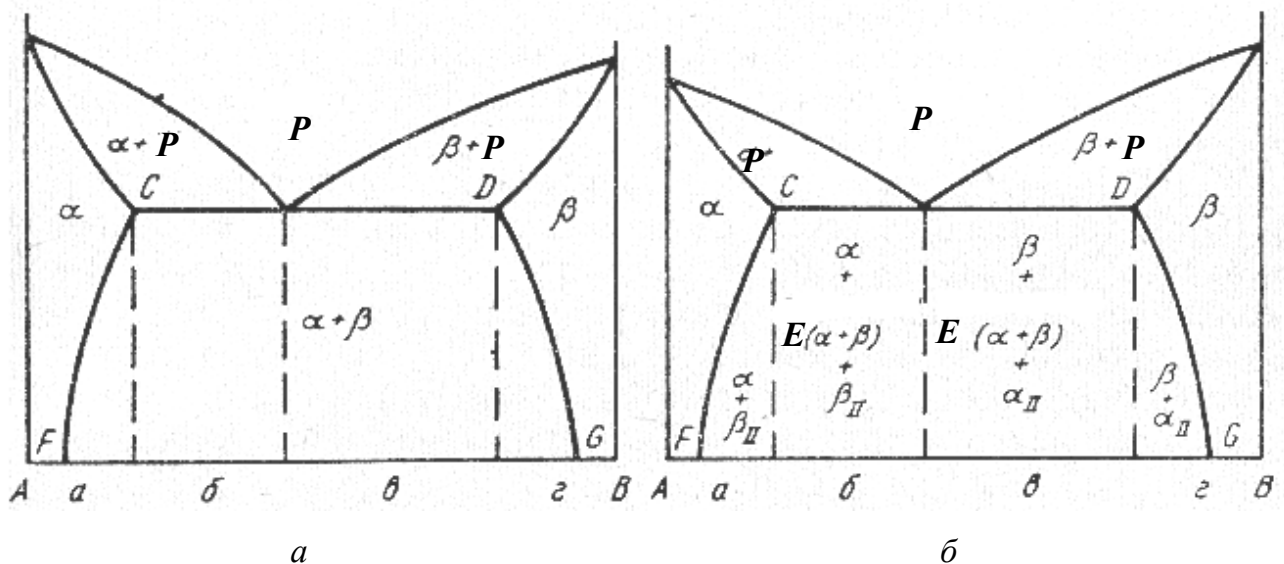


Рисунок 1.1 – Діаграма стану сплавів з обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані:

a – фазова діаграма; *б* – структурна діаграма

В області a сплави складаються із кристалів α -твердого розчину і деякої кількості дрібних частинок, які виділилися у вигляді β_{II} (вторинних кристалів β) з α -твердого розчину.

Структурний склад в області b (доевтектичні сплави): α -твердий розчин + евтектика + β -твердий розчин (вторинні кристали).

Структурний склад в області v (заевтектичні сплави): β -твердий розчин + евтектика + α -твердий розчин (вторинні кристали).

Структурний склад в області z : β -твердий розчин + α -твердий розчин (вторинні кристали).

При розв'язуванні завдань слід відділити вертикальними пунктирними лініями області, які мають різний структурний склад, і в кожній області вказати відповідні структурні складові.

3) Указати на діаграмі стану задані в завданні хімічні склади сплавів і провести відповідні їм вертикальні лінії (див. рис. 1.4).

4) Побудувати в координатах температура – час криві охолодження сплавів.

Діаграми станів характеризують перетворювання, які протікають при повільному охолодженні (нагріванні). Вони, залежно від складу сплаву, можуть протікати по-різному, а отже, сплави можуть мати різні за характером температурні криві охолодження (нагрівання).

Первинне кристалізування, тобто кристалізування з рідкого стану, протікає для чистих металів при постійній температурі з певним тепловим ефектом, внаслідок чого на кривих охолодження при температурі тверднення (і на кривих нагрівання при температурі плавлення) утворюється зупиняння (горизонтальна ділянка).

У сплавах із двох компонентів первинне кристалізування протікає зазначеним чином, тобто при постійній температурі, тільки в сплавах евтектичного складу, а також у сплавах – хімічних сполуках і в тих твердих розчинах, склад яких відповідає на діаграмі положенню мінімуму або максимуму.

Кристалізування інших сплавів відбувається в інтервалі температур. Внаслідок того, що утворювання кристалів з рідини йде з виділенням тепла, тому цьому процесу відповідає уповільнювання охолодження сплаву, яке змінює нахил кривої охолодження. Тому початок процесу кристалізування цих сплавів характеризується перегинанням на кривій охолодження.

Залежно від кількості фаз закінчування процесу кристалізування може характеризуватися на кривій охолодження перегинанням або горизонтальною ділянкою.

Якщо сплав по закінченню тверднення однофазний (твердий розчин), то протягом усього процесу кристалізування в рівновазі перебувають дві фази: рідина і кристали твердого розчину. Закінчування тверднення характеризується перегинанням (змінюється нахил кривої) на кривій охолодження. На діаграмі стану цьому випадку відповідає похилий хід лінії солідуса і змінювання температури кристалізування при змінюванні концентрації сплаву (рис. 1.2, *II а* і *II б*).

У сплавах – механічних сумішах (гетерогенні системи), які утворюють евтектику, у момент закінчування тверднення на лінії солідуса перебувають у рівновазі три фази: кристали обох компонентів (або їх розчинів чи сполук) і рідина. Згідно з правилом фаз ($C = K + 1 - \Phi$), ця рівновага нонваріантна: $C = 2 + 1 - 3 = 0$. Тому закінчування первинного кристалізування відбувається при постійній температурі та характеризується зупинянням (горизонтальною ділянкою) на кривій охолодження (рис. 1.2, *І*). На діаграмі стану цьому випадку відповідає горизонтальний хід лінії солідуса (пряма лінія).

Крива охолодження, яку будують при виконанні завдання, повинна показувати не тільки характер перетворювання, але, крім того, і відносну кількість сплаву, що перетворюється при постійній температурі. Це впливає з того, що температурне зупиняння залежить від теплового ефекту перетворення і при однаковій масі та швидкості охолодження сплаву довжина прямої лінії пропорційна кількості евтектики, яка утворюється.

Щоб указати довжину горизонтальної ділянки на кривій охолодження, слід вибрати масштаб для зображення кристалізування сплаву, який містить 100 % евтектики. При побудованні необхідних у завданні кривих охолодження зручно, наприклад, прийняти горизонтальну ділянку кривої для евтектичного сплаву довжиною 10 мм, а потім за правилом відрізків визначити відносну кількість евтектики, яка утворюється при кристалізуванні даного сплаву, і показати кристалізування евтектики на кривій охолодження у вигляді горизонтальної ділянки, яка відповідає по довжині її відносній кількості. Наприклад, при наявності в сплаві 50 % евтектики кристалізування слід відобразити (у прийнятому масштабі) горизонтальною ділянкою довжиною 5 мм.

Часто в сплавах однієї системи залежно від концентрації та кількості фаз, які утворюються, відбуваються обидва види перетворювань. Наприклад, у сплавах системи, наведеної на рис. 1.2, *III а*, кристалізування α -фази (а також β -фази) протікає при змінній температурі, а тверднення евтектики – при постійній.

У сплавах з перитектичним перетворюванням (рис. 1.2, *III б* крива охолодження *I* виявляє: а) перегинання, що вказує початок кристалізування (у рівновазі перебувають дві фази: рідина і первинні кристали фази, що виділяються, збагачені більш тугоплавким компонентом); б) горизонтальна ділянка (зупиняння), яка відповідає перитектичній реакції, при якій в умовах рівноваги перебувають три фази: первинні кристали фази, багаті тугоплавким компонентом, рідина та кристали фази, яка утворюється, багаті більш легкоплавким компонентом. Крива охолодження сплавів, які зберігають після цих перетворювань рідку фазу (крива *II*, рис. 1.2, *III б*), має, крім того, перегинання, яке вказує закінчення процесу тверднення сплаву. Зупиняння на кривій охолодження відповідає горизонтальній лінії на діаграмі стану.

Трохи відрізняється процес кристалізування в сплавах, які утворюють хімічні сполуки, нестійкі при високих температурах (при відсутності розчинності між хімічною сполукою і компонентами).

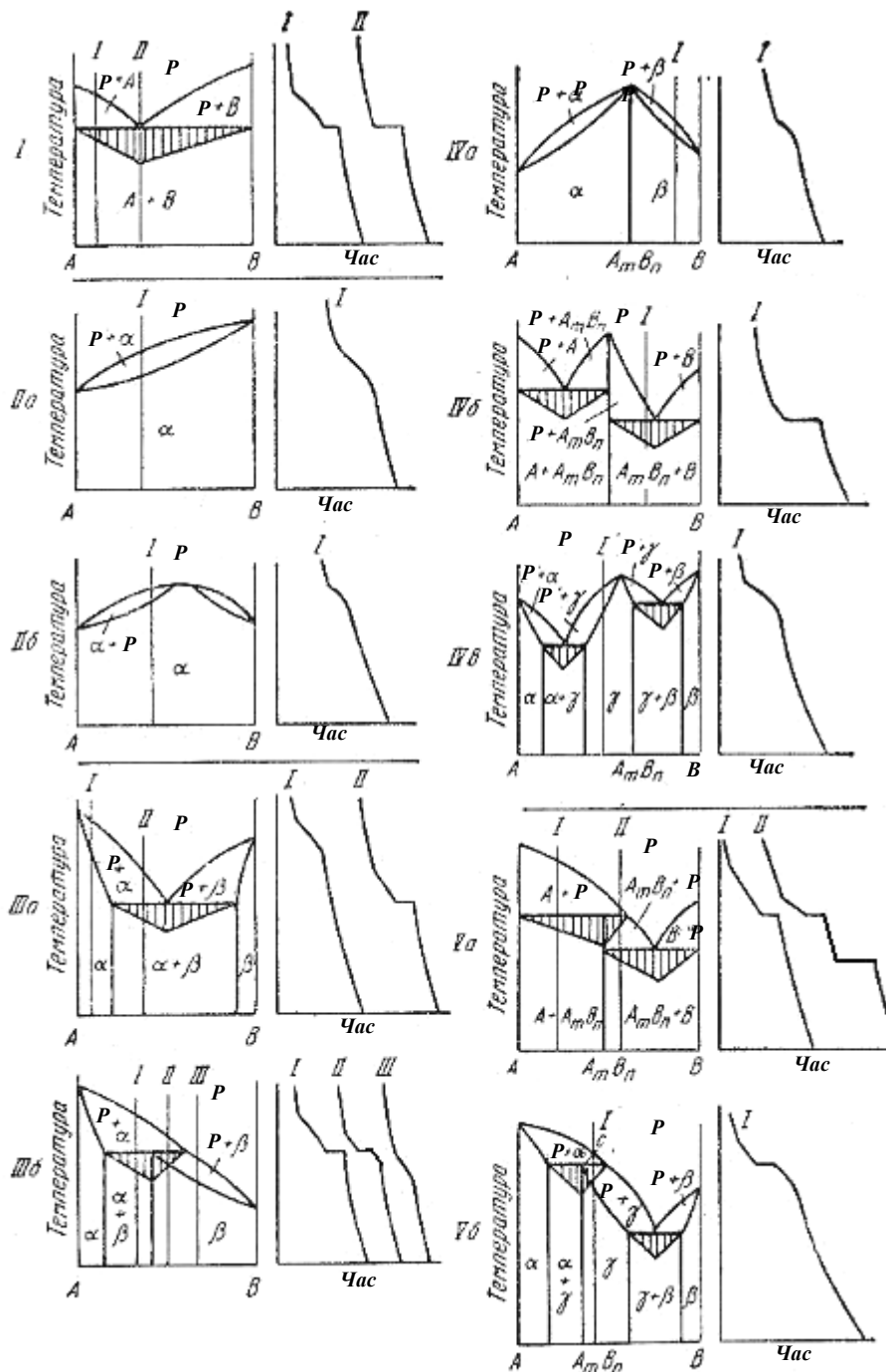


Рисунок 1.2 – Основні типи діаграм стану і криві охолодження подвійних сплавів (які не мають перетворювань у твердому стані):

I – відсутність розчинності; *II* – повна розчинність; *III* – обмежена розчинність (*a* – з утворюванням евтектики; *b* – з утворюванням перитектики);

IV – утворювання хімічної сполуки (*a* – при повній розчинності з компонентами; *b* – при відсутності розчинності; *в* – при обмеженій розчинності); *V* – утворювання

хімічної сполуки, нестійкої при високих температурах (*a* – при відсутності розчинності з компонентами; *b* – при обмеженій розчинності)

На кривій охолодження ряду сплавів спостерігається спочатку перегибання (початок кристалізування), потім горизонтальна ділянка, яка відповідає реакції утворення хімічної сполуки, і, нарешті, друга горизонтальна ділянка, відповідно до утворення евтектики. Цим двом зупинянням на кривій охолодження відповідають дві горизонтальні лінії на діаграмі стану (рис. 1.2, *V а*, крива *II*).

Якщо нестійка хімічна сполука при високих температурах має розчинність із компонентами, які її утворюють, то діаграма і крива охолодження мають вигляд, поданий на рис. 1.2, *V б*.

Вторинне кристалізування, тобто перетворювання у твердому стані (поліморфне перетворювання, повне або часткове розпадання твердого розчину, упорядкування твердих розчинів, утворення або розпадання нестійких хімічних сполук), також протікає з певним тепловим ефектом. У чистих металах перетворювання у твердому стані (поліморфне) протікає при постійній температурі, тому на кривих охолодження (нагрівання) при температурі перетворювання спостерігається горизонтальна ділянка.

У подвійних сплавах перетворювання у твердому стані протікають при постійних температурах у наступних випадках.

I. У сплавах – твердих розчинах:

а) при евтектоїдному перетворюванні в результаті повного розпадання твердого розчину;

б) при перитектоїдному перетворюванні;

в) при утворенні інтерметалідних або впорядкованих фаз.

Розпадання твердого розчину, який спочатку утворився (стійкого при високій температурі) при подальшому евтектоїдному або перитектоїдному перетворюванні протікає при постійній температурі. Якщо склад сплаву відрізняється від евтектоїдного (або перитектоїдного), то спочатку йде часткове розпадання з виділенням з вихідного твердого розчину нової фази, а лише потім, по досягненню евтектоїдної температури, перетворювання відбувається при постій-

ній температурі. Початок розпадань характеризується на кривій охолодження перегинанням, а закінчення розпадань при евтектоїдному перетворюванні (і перитектоїдному) — горизонтальною ділянкою (рис. 1.3, III а і III б). Криві деяких сплавів з перитектоїдним перетворюванням мають, крім того, при більш низькій температурі ще одне перегинання, яке відповідає закінченню процесу перетворювання. У сплавах, у яких відбувається утворення інтерметалідних фаз, горизонтальну ділянку має крива охолодження сплаву тільки тієї концентрації, яка точно відповідає стехіометричному складу. Цей вид перетворювання в інших сплавах протікає в інтервалі температур, який змінюється залежно від складу сплаву, і характеризується двома перегинаннями на кривій охолодження (рис. 1.3, III в).

II. У сплавах – механічних сумішах при поліморфному перетворюванні одного з компонентів або утвореної ними хімічної сполуки (рис. 1.3, I а).

На діаграмі стану цим перетворюванням відповідає горизонтальна лінія, а на кривій охолодження (нагрівання) – горизонтальна ділянка (зупиняння).

Внаслідок того, що тепловий ефект перетворення у твердому стані (вторинне кристалізування) менший, чим при первинному кристалізуванні з рідини, то при виконанні завдання довжину горизонтальної ділянки кривої, яка відповідає відносній кількості фази, яка перетворюється, можна приймати в меншому масштабі.

В інших випадках перетворювання у твердому стані протікають в інтервалі температур і починаються в сплавах різної концентрації при різних температурах; відповідні криві на діаграмі стану мають нахил і показують перетворювання (рис. 1.3, I б, I в) або часткове розпадань твердого розчину (рис. 1.3, II а, II б, III в). У цьому випадку початок і кінець перетворювання на кривій характеризуються перегинанням, після якого кут нахилу трохи змінюється.

5) Побудувати схему кристалізування заданих сплавів, показати графічно структури, які утворюються в процесі кристалізування, а також перетворювання, які протікають у цих сплавах при охолодженні.

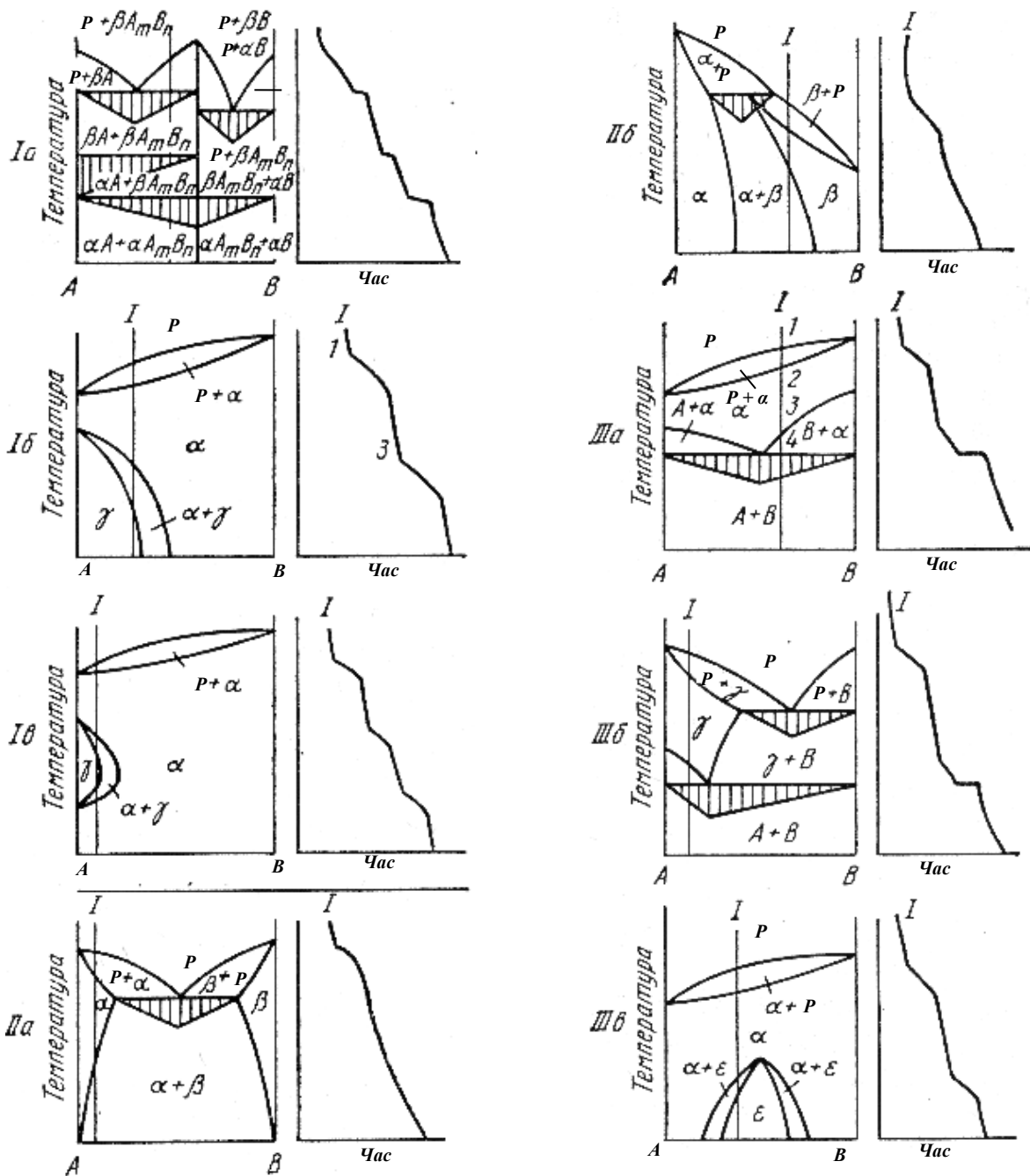


Рисунок 1.3 – Основні типи діаграм стану і криві охолодження подвійних сплавів, які мають перетворювання у твердому стані:

I – поліморфні перетворювання: *а* – при відсутності розчинності та при наявності хімічної сполуки; *б, в* – у сплавах – твердих розчинах; *II* – змінювання розчинності в сплавах з евтектикою: *а* – зменшування розчинності при знижуванні температури; *б* – зменшування та збільшування розчинності в сплавах з перитектичним перетворюванням; *III* – розпадання твердого розчину в сплавах: *а* – з повною розчинністю; *б* – з обмеженою розчинністю; *в* – при утворюванні хімічних сполук або впорядкованих фаз

Схема кристалізування повинна бути побудована в тому ж масштабі (для температур), який був прийнятий раніше. Для зображування кожної окремої структури необхідно попередньо встановити умовні позначки, указавши, що являє собою дана структурна складова (твердий розчин, механічна суміш, хімічна сполука).

Необхідно прагнути до того, щоб зображення, які приводяться, максимально близько відтворювали реальні структури, які спостерігаються в заданому або аналогічному сплаві при металографічному аналізуванні. Чисті метали та тверді розчини в стані рівноваги (після відпалювання) мають у мікроскопі зернисту (поліедричну) будову.

Якщо в сплавах даної системи утворюються тверді розчини декількох типів, то кожному з них необхідно давати інше умовне зображення або забарвлення, як це показано, наприклад, у діаграмі, що подається нижче при розв'язуванні завдання № 1 (рис. 1.4).

Хімічні сполуки можуть бути у вигляді кристалів різної форми: при розпаданні твердих розчинів вони часто відділяються у вигляді сітки по границях зерен або утворюють включення пластинчастої або голчастої форми.

Евтектики та евтектоїди кристалізуються у вигляді ділянок гетерогенної суміші різного виду: сферичного, стрижневого, пластинчастого або голчастого.

При побудуванні схеми кристалізування слід урахувувати приблизну кількість кожної складової. Так, наприклад, при виділянні із твердого розчину невеликої кількості вторинних кристалів іншої фази внаслідок зменшування розчинності зі зниженням температури слід зображувати цю фазу у вигляді дрібних кристаликів (наприклад, на границях зерен) на тлі поліедричної структури основного твердого розчину.

б) Дати характеристику стану заданих сплавів при температурах, зазначених у завданні.

Якщо сплав при температурі, зазначеної в завданні, виявиться гетерогенним, то треба визначити фази або структури, що присутні в сплаві, указати

склад кожної складової та кількість окремих складових у відсотках. Для цього необхідно провести через фігуративну точку, яка визначає даний сплав при заданій температурі, горизонталь до перетинання з лініями діаграми (коноду, тобто лінію, яка показує склади фаз, які перебувають у рівновазі); потім, опустивши перпендикуляри з кінців коноди на абсцису, визначити концентрацію кожної складової.

Далі за правилом відрізків треба визначити відносну кількість окремих фаз або структур, які присутні у сплаві в стані рівноваги. Кількість присутніх у сплаві евтектики або евтектоїда слід розраховувати для температур їх утворення. Результати розраховувань необхідно навести у вигляді таблиці нижче діаграми, як це показано, наприклад, при розв'язуванні завдання № 1 (див. табл. 1.1).

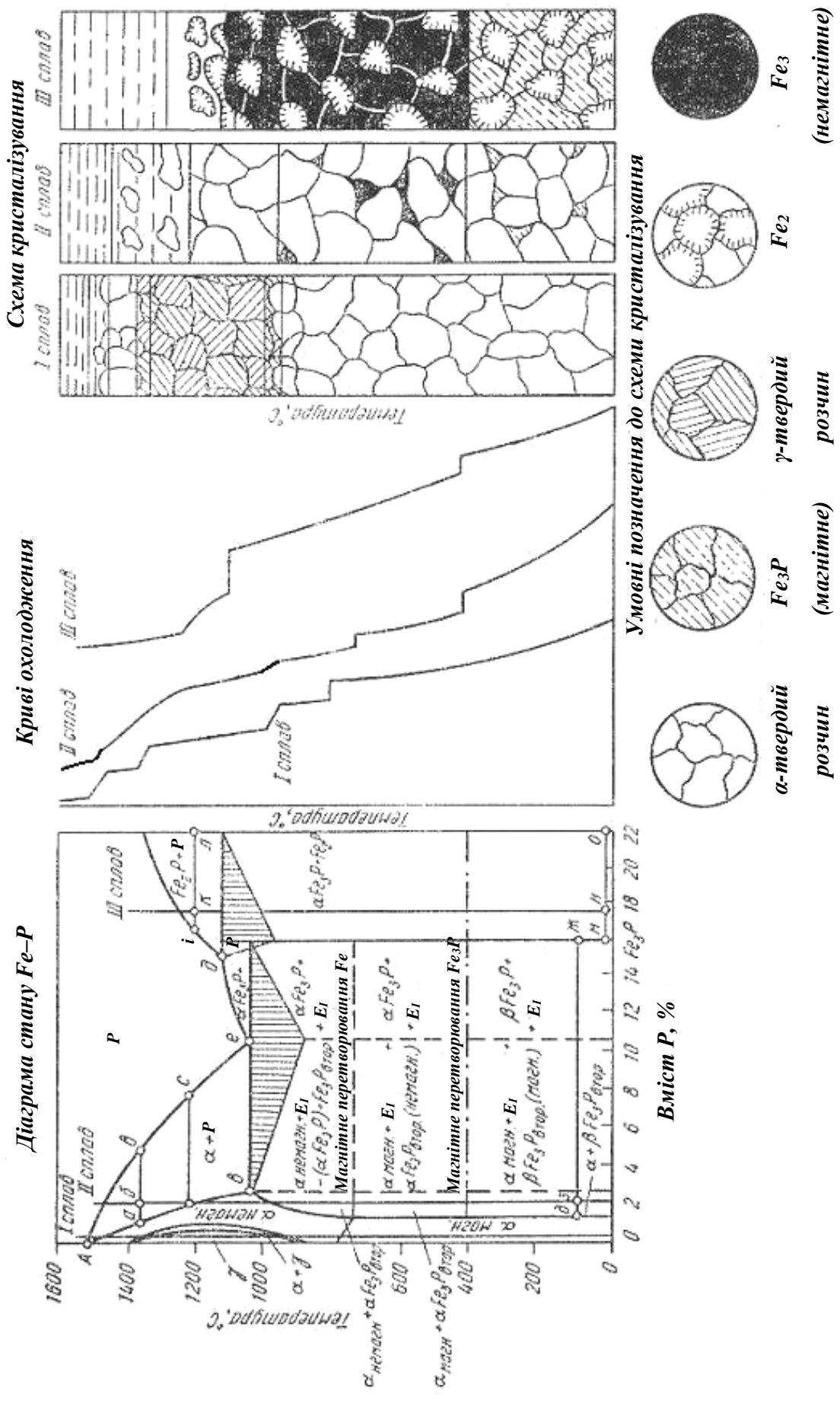


Рисунок 1.4 – Діаграма стану Fe-P

Таблиця 1.1 – Характеристика стану заданих сплавів при різних температурах

Сплав	Температура, °С	Фазовий або структурний склад сплаву	Розраховування кількості фазових і структурних складових за правилом вільних
I	20	Однорідний твердий розчин на основі α -заліза (магнітний).	$Q_{\alpha} = 100 \%$
II	1350	Кристали твердого α -розчину (магнітного) концентрації 0,9 % P (точка <i>a</i>) і рідка фаза, що містить 4,6 % P (точка <i>e</i>).	$Q_P = \frac{a\delta \cdot 100}{a\delta} = \frac{1,1 \cdot 100}{3,7} = 30 \%$ $Q_{\alpha} = 100 - 30 = 70 \%$
II	100	Основна структура α -твердого розчину (магнітного) концентрації 1,2 % P (точка δ) і невелика кількість вторинних кристалів хімічної сполуки Fe ₃ P (магніт-)	$Q_{\alpha} = \frac{3\text{Ж} \cdot 100}{\delta\text{Ж}} = \frac{13,5 \cdot 100}{14,3} = 94 \%$ $Q_{\text{Fe}_3\text{P}} = 100 - 94 = 6 \%$
III	1200	Кристали хімічної сполуки Fe ₂ P і рідка фаза, по концентрації відповідна до точки <i>i</i> – 16 % P.	$Q_P = \frac{\kappa\Gamma \cdot 100}{i\Gamma} = \frac{4 \cdot 100}{5} = 80 \%$ $Q_{\text{Fe}_2\text{P}} = 100 - 80 = 20 \%$
III	20	Суміш двох хімічних сполук Fe ₃ P (магнітна) і Fe ₂ P.	$Q_{\text{Fe}_3\text{P}} = \frac{HO \cdot 100}{MO} = \frac{4 \cdot 100}{5,5} = 73 \%$ $Q_{\text{Fe}_2\text{P}} = 100 - 73 = 27 \%$

3. ПРИКЛАД АНАЛІЗУВАННЯ ДІАГРАМ СТАНУ ДВОКОМПОНЕНТНИХ СПЛАВІВ

Дано: проаналізувати діаграму стану Fe-P у частині, яка обмежена областю Fe-Fe₂P, і процеси перетворювання в сплавах I, II і III, які містять: I – 0,05, II – 2, III – 17 % P.

Визначити фазовий склад і кількісне співвідношення фаз: сплаву I при 20 °С, сплаву II при 100 і 1350 °С, сплаву III при 20 і 1200 °С.

Розв'язування завдання: розв'язування по перших питаннях завдання дано в діаграмах на рис. 1.4. і в табл. 1.1.

Фазами в даній частині діаграми стану Fe-P є:

P – однорідний рідкий розчин атомів заліза і фосфору;

α – твердий розчин на основі α-Fe;

γ – твердий розчин на основі γ-Fe;

α-Fe₃P – високотемпературна немагнітна фаза на базі нестійкої хімічної сполуки Fe₃P постійного складу (плавиться інконгруентно);

β-Fe₃P – низькотемпературна магнітна фаза на базі нестійкої хімічної сполуки Fe₃P постійного складу (плавиться інконгруентно);

Fe₂P – стійка хімічна сполука постійного складу (плавиться конгруентно).

Сплав I, згідно з діаграмою, кристалізується з утворенням однорідної структури α-твердого розчину (немагнітного). Тверднення його протікає між 1 520 і 1 500 °С при змінюванні концентрації рідини, яка виділяється з твердої фази між сотими частками відсотка і 1,8 % P. Після утворення α-твердого розчину (немагнітного) в процесі охолодження буде двічі відбуватися поліморфне перетворення: спочатку α → γ, а потім відбудеться γ → α (немагнітний). При подальшому охолодженні в структурі сплаву фазові перетворення відбуватися не будуть (за винятком магнітних, які теж відбуваються при постійній температурі).

Сплав II з 2 % P у рівноважному стані після тверднення повинен, як і

сплав *I*, мати структуру однорідного твердого розчину (немагнітного). Твердження сплаву *II* починається при температурі близько 1 500 °С і закінчується при температурі близько 1 200 °С. Останні об'єми рідини, які кристалізуються, будуть мати склад, відповідний до точки *c*, тобто містити підвищену кількість фосфору – близько 8 %. В інтервалі 1 200–960 °С відбувається остигання однорідного α -твердого розчину (немагнітного). Подальше охолодження кристалів α -твердого розчину нижче 960 °С приводить до протікання процесів вторинного кристалізування внаслідок зменшення розчинності вуглецю в α -твердому розчині (немагнітному). Це приводить до виділення в невеликій кількості кристалів хімічної сполуки Fe_3P , які будуть розташовуватися по границях зерен. При подальшому охолодженні спочатку відбувається магнітне перетворення у залізі, а при 400 °С відбудеться перетворення $\alpha\text{-Fe}_3\text{P} \rightarrow \beta\text{-Fe}_3\text{P}$, що супроводжується появою магнітних властивостей у цій хімічній сполуці (обидва перетворення відбуваються в умовах сталої температури).

Сплав *III* в процесі тверднення, крім хімічної сполуки Fe_2P , утворює ще нестійку при високих температурах хімічну сполуку Fe_3P . Тому сплав *III* при нормальній температурі, як впливає з діаграми стану, повинен складатися із суміші двох хімічних сполук: кристалів немагнітної β -модифікації $\text{Fe}_3\text{P} + \text{Fe}_2\text{P}$. Кількість кожної із цих сполук у сплаві *III* визначається за правилом відрізків і становить 73 % Fe_3P і 27 % Fe_2P (табл. 1.1., рис. 1.4).

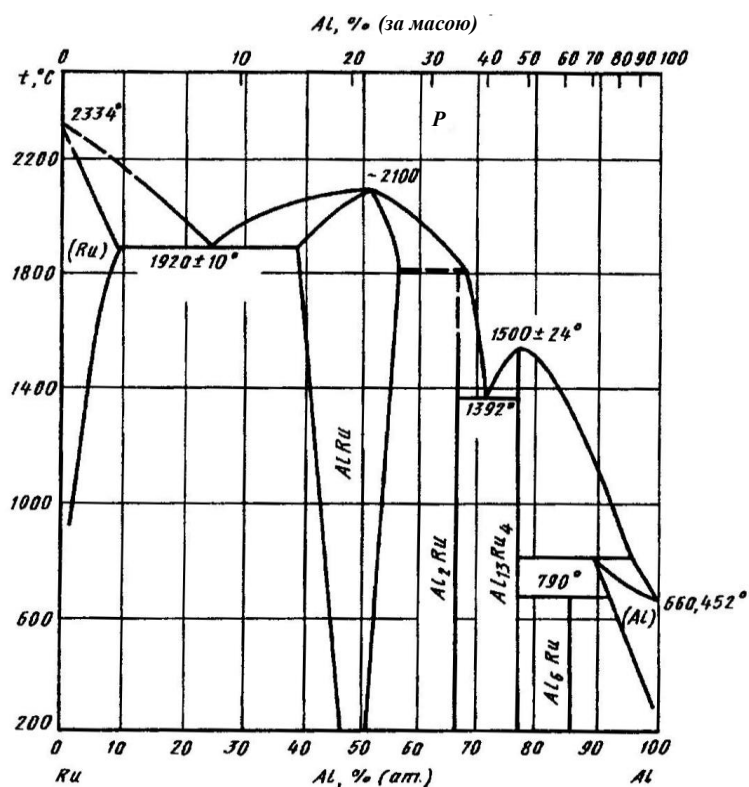
Утворення хімічної сполуки Fe_3P відбувається за реакцією між рідкою фазою складу *C* і хімічною сполукою Fe_2P , тобто по типу перитектичної реакції, яка протікає, як відомо, на поверхні розділу фаз.

Магнітні перетворення α -твердого розчину та Fe_3P , що протікають у цих сплавах і показані пунктирними лініями на діаграмі (рис. 1.4), не викликають змін у структурі, але внаслідок того, що вони супроводжуються тепловим ефектом, тому на кривих охолодження утворюються горизонтальні ділянки, відповідні до точок Кюрі для відповідного сплаву. На схемах структур з метою спрощення показане магнітне перетворення тільки фази Fe_3P .

4. ВАРІАНТИ КУРСОВИХ РОБІТ

Варіант № 1

1. Предмет матеріалознавства. Поняття: сплав, структура, властивості.
2. Ліквідаційні явища в сплавах і методи їх усунення.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану алюміній–рутеній. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

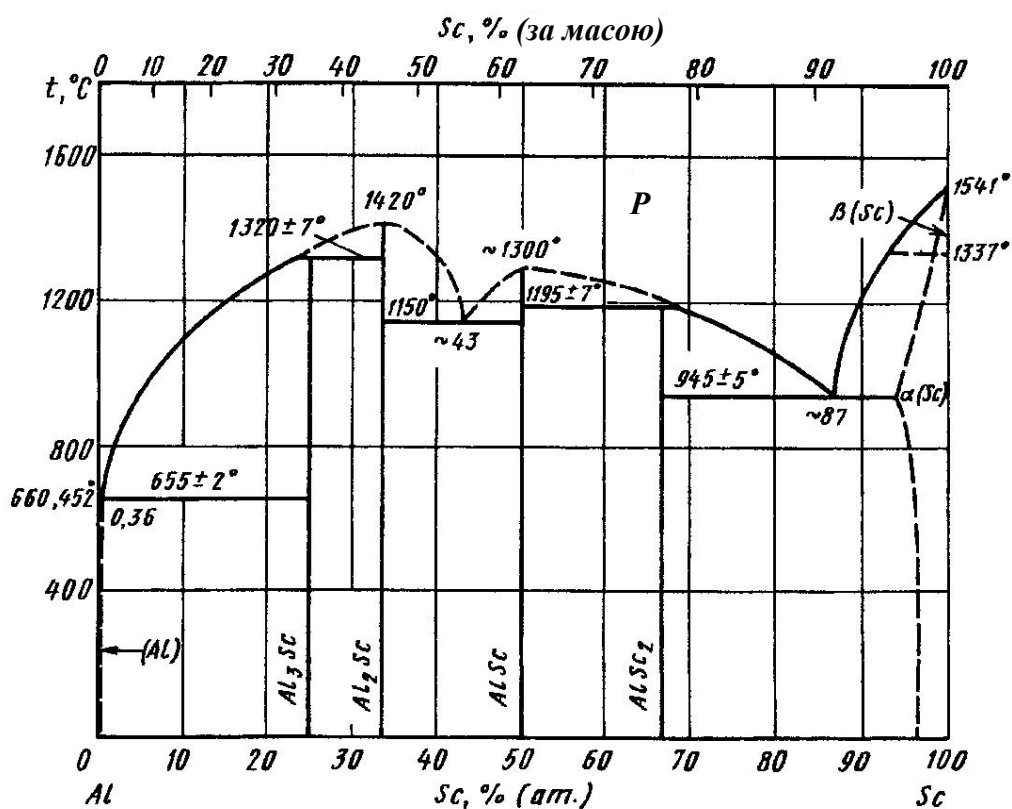


Діаграма стану Al–Ru

$$X_1 = \underline{40\% \text{ Al}}, T_1 = \underline{1000^\circ\text{C}}. \quad X_2 = \underline{80\% \text{ Al}}, T_2 = \underline{1000^\circ\text{C}}.$$

Варіант № 2

1. Макро- і мікроструктура металів і сплавів. Завдання макро- і мікроаналізування.
2. Основні механічні властивості металів та їх показники.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану алюміній–скандій. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

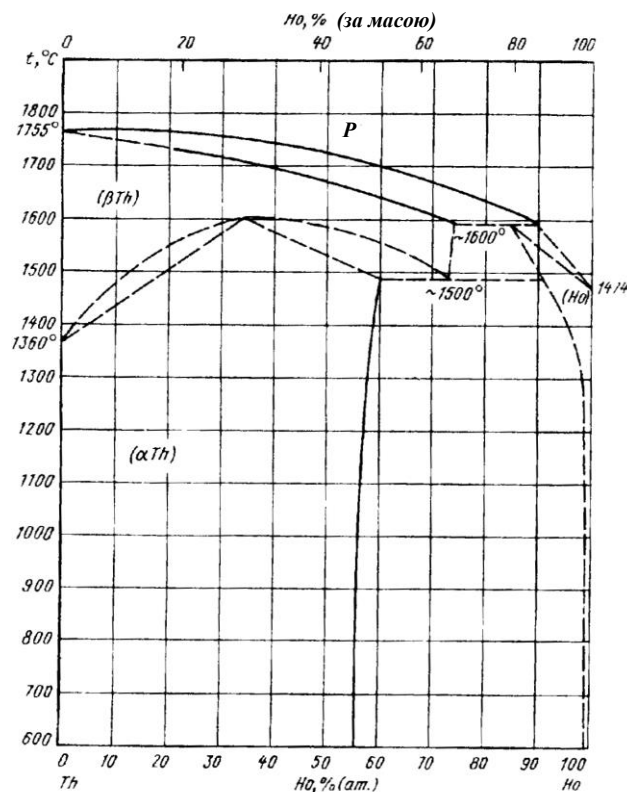


Діаграма стану Al–Sc

$$X_1 = \underline{20 \% Sc}, T_1 = \underline{800\text{ }^\circ\text{C}}. \quad X_2 = \underline{90 \% Sc}, T_2 = \underline{400\text{ }^\circ\text{C}}.$$

Варіант № 3

1. Методика виготовлення макро- і мікрошліфів. Різні способи виявлення мікроструктури зразків.
2. Технологічні та експлуатаційні властивості металевих матеріалів.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану гольмій–торій. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворення, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

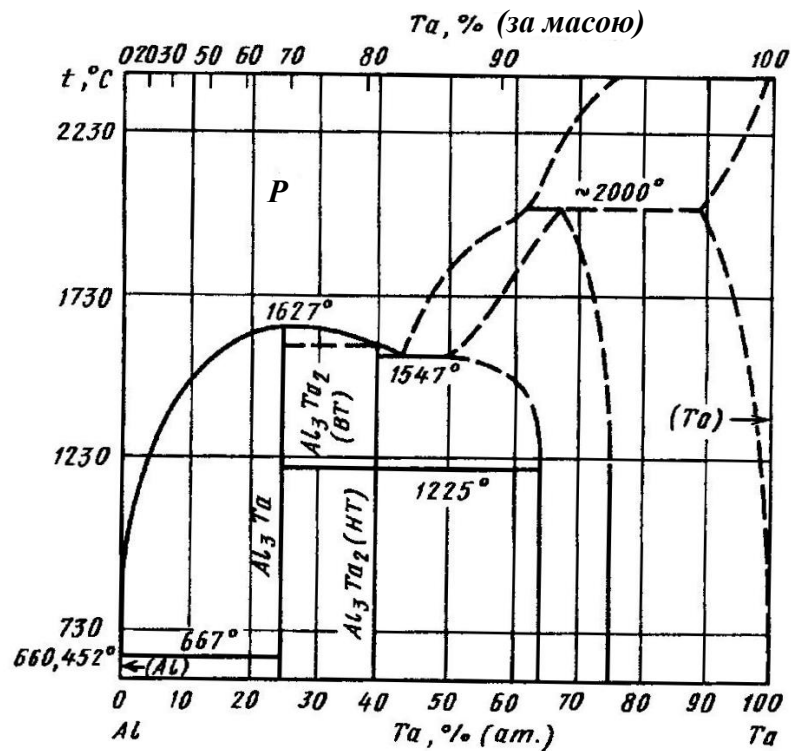


Діаграма стану Ho–Th

$$X_1 = \underline{50 \% Ho}, T_1 = \underline{1700^\circ C}. \quad X_2 = \underline{80 \% Th}, T_2 = \underline{1400^\circ C}.$$

Варіант № 4

1. Принцип дії оптичного мікроскопа, його основні частини. Корисне збільшення мікроскопа.
2. Вплив дефектів кристалічної будови на фізико-механічні властивості металів.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану алюміній–тантал. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворення, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

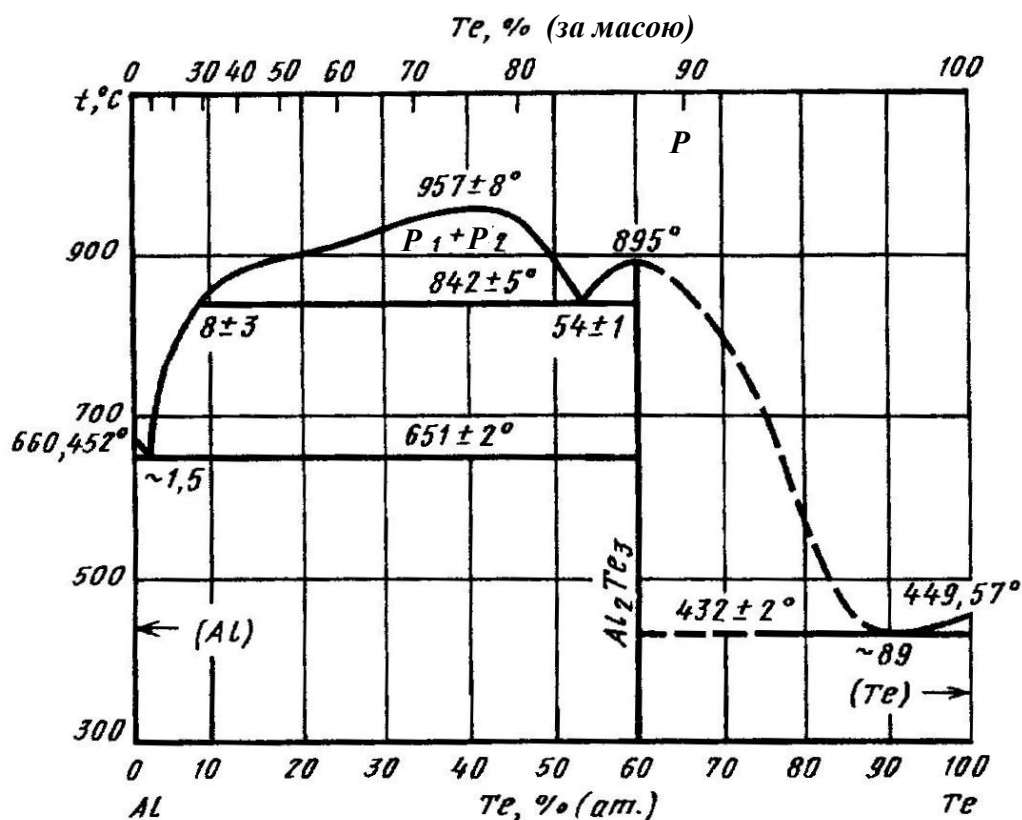


Діаграма стану Al–Ta

$$X_1 = \underline{30 \% Ta}, T_1 = \underline{1230 ^\circ\text{C}}. \quad X_2 = \underline{70 \% Ta}, T_2 = \underline{2230 ^\circ\text{C}}.$$

Варіант № 5

1. Аберації оптичної системи та їх усунення. Способи збільшення оптичного контрасту.
2. Шкідливі домішки в сталі та методи їх виявлення.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану алюміній–телур. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

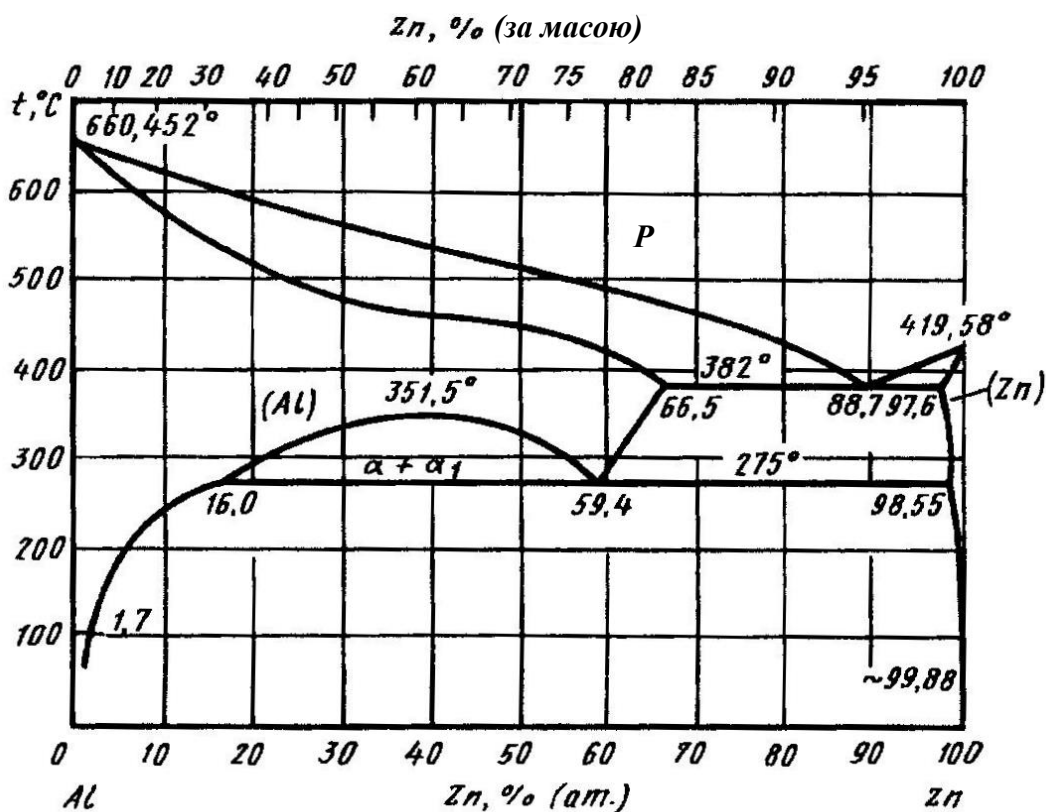


Діаграма стану Al–Te

$$X_1 = \underline{30 \% \text{ Te}}, T_1 = \underline{900^\circ \text{C}}. \quad X_2 = \underline{70 \% \text{ Te}}, T_2 = \underline{500^\circ \text{C}}.$$

Варіант № 6

1. Характеристика атомно-кристалічної будови металів. Типи кристалічних ґраток металів, їх характеристики.
2. Обмежена і необмежена розчинність компонентів у твердому стані.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану алюміній–цинк. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворення, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

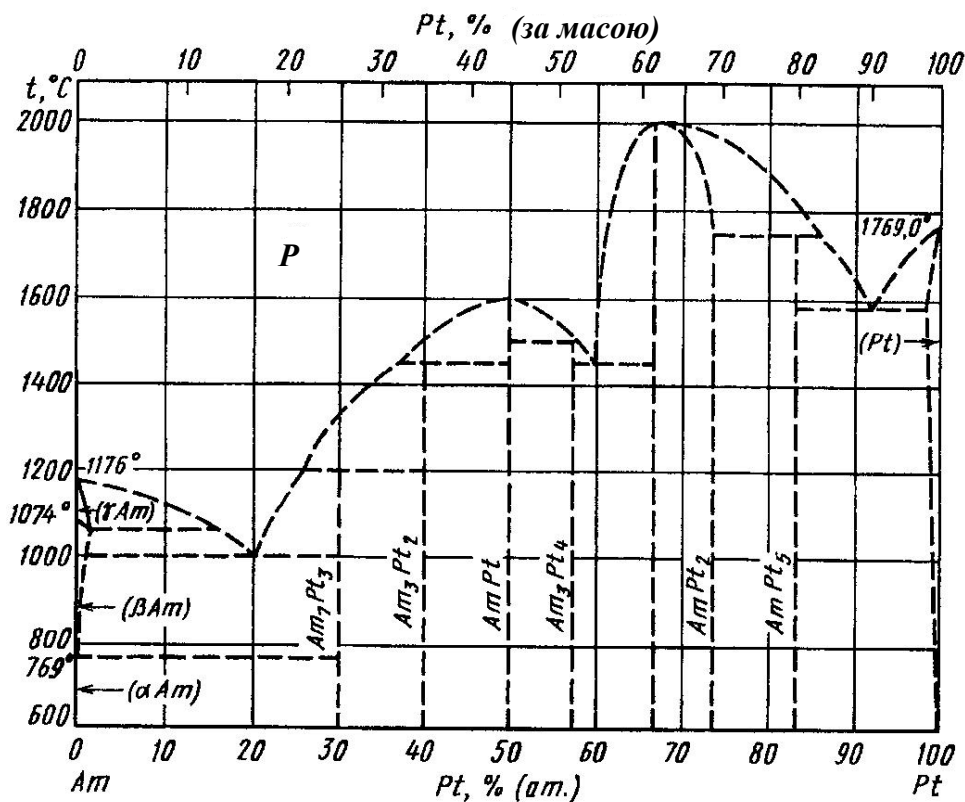


Діаграма стану Al–Zn

$$X_1 = \underline{30\% \text{ Zn}}, T_1 = \underline{500\text{ }^\circ\text{C}}. \quad X_2 = \underline{95\% \text{ Zn}}, T_2 = \underline{300\text{ }^\circ\text{C}}.$$

Варіант № 7

1. Відмінність у будові аморфних і кристалічних тіл. Алотропія (поліморфізм). Анізотропія властивостей та ізотропність.
2. Дефекти будови литого металу.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану амерцій–платина. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

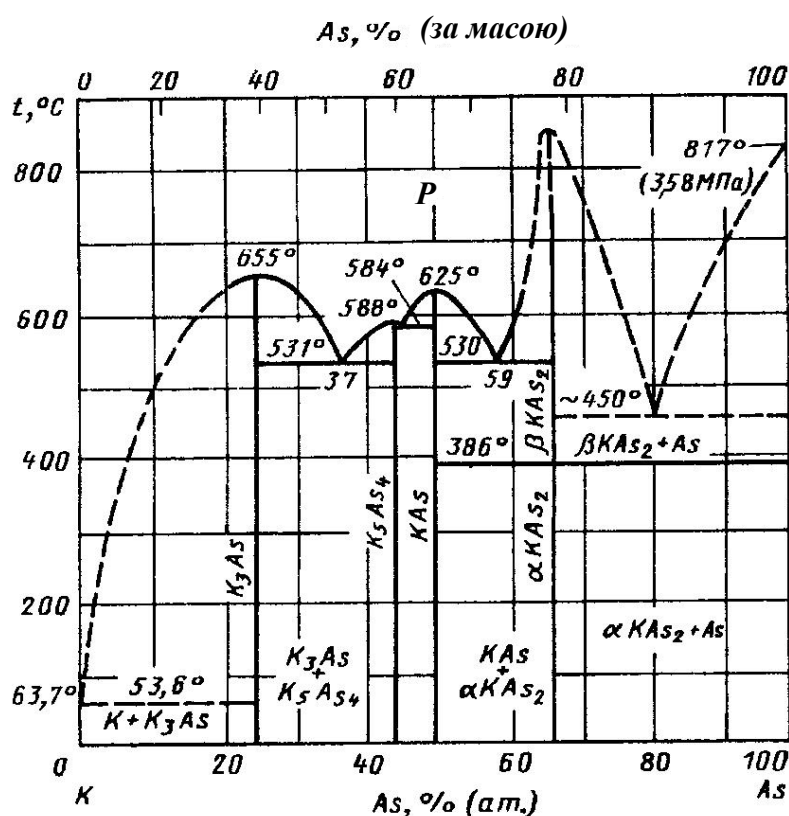


Діаграма стану Am–Pt

$$X_1 = 10 \% \text{ Pt}, T_1 = 900 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad X_2 = 80 \% \text{ Pt}, T_2 = 1800 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Варіант № 8

1. Типи зв'язків атомів у кристалічних ґратках: йонний, ковалентний, металевий, Ван-Дер-Ваальсовий.
2. Змінювання структури й властивостей при нагріванні деформованого металу.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану арсен-калій. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

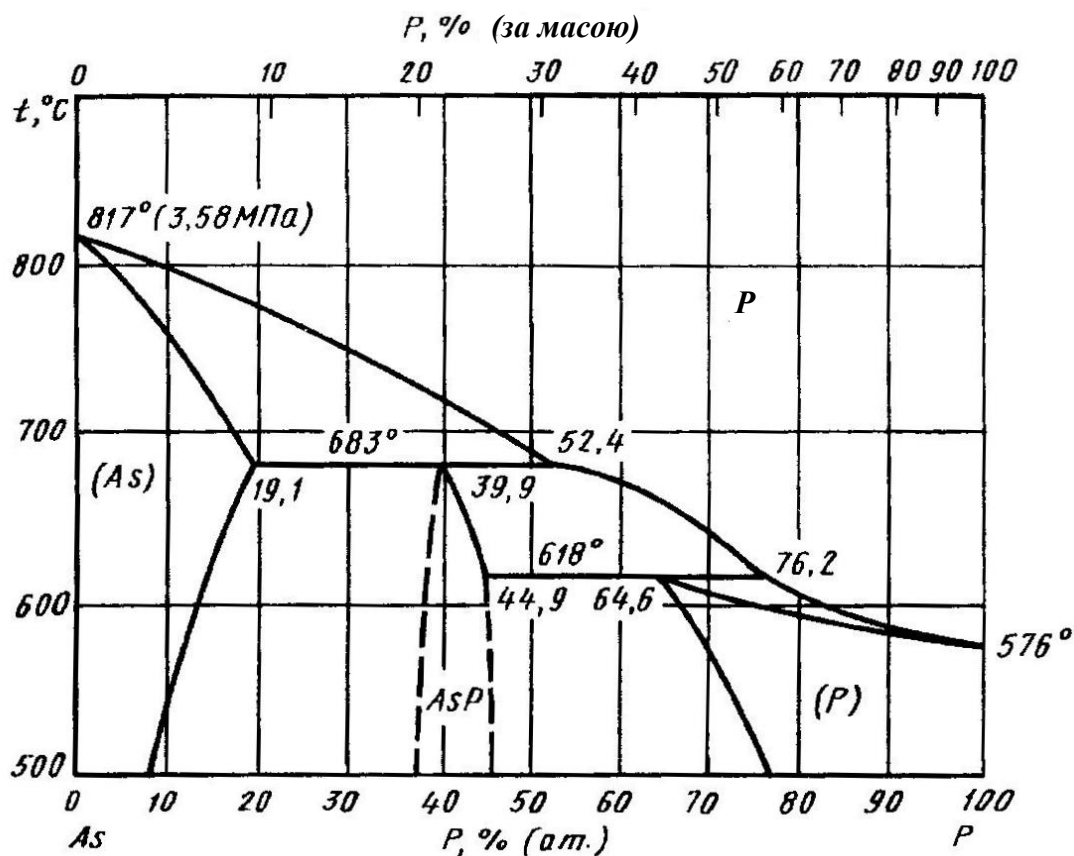


Діаграма стану As–K

$$X_1 = \underline{20 \% \text{ As}}, T_1 = \underline{300 ^\circ\text{C}}. \quad X_2 = \underline{70 \% \text{ As}}, T_2 = \underline{700 ^\circ\text{C}}.$$

Варіант № 9

1. Властивості металів, які обумовлені їх будовою. Відмінність властивостей реальних та ідеальних кристалів.
2. Причини виникання розшарування в рідкому стані при сплавленні компонентів.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану арсен-фосфор. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

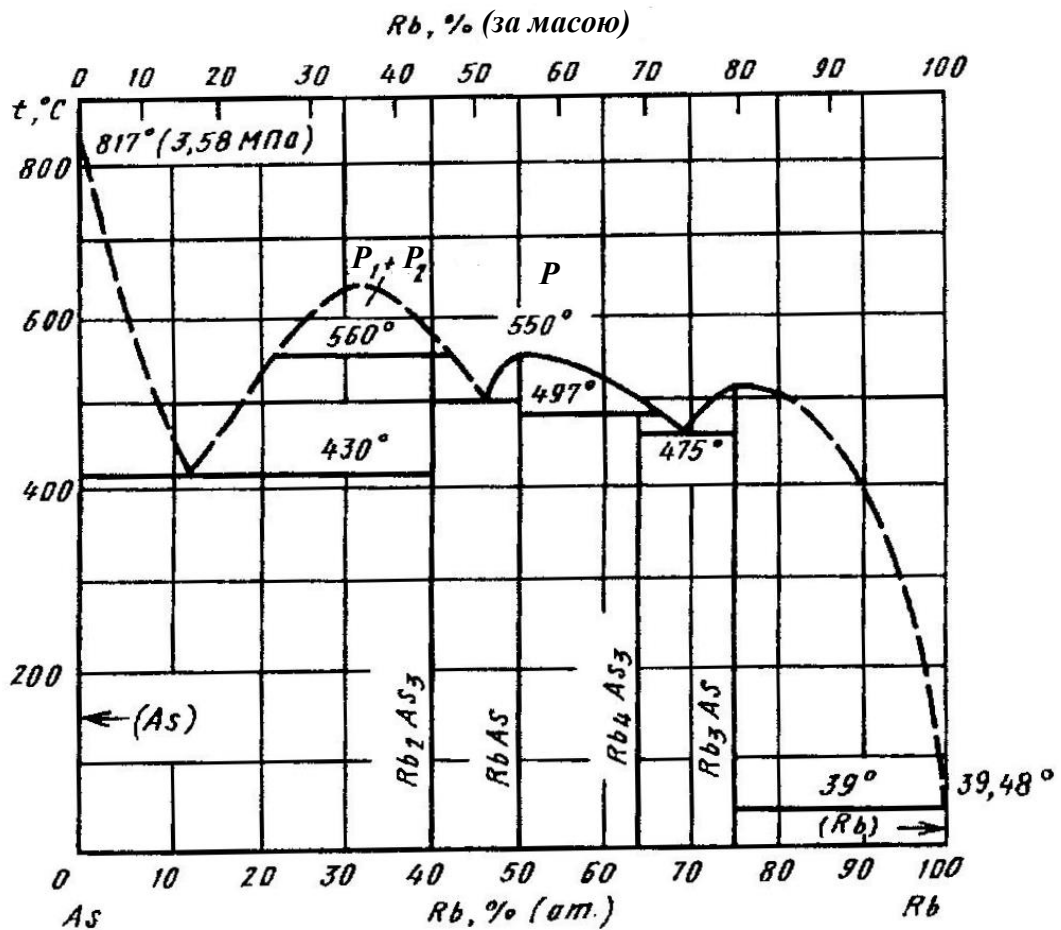


Діаграма стану As–P

$$X_1 = 50 \% P, T_1 = 650 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad X_2 = 70 \% P, T_2 = 550 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Варіант № 10

1. Дефекти кристалічної будови металів. Види дефектів залежно від геометричних ознак.
2. Способи одержання аморфного стану в металах.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану арсен-рубідій. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

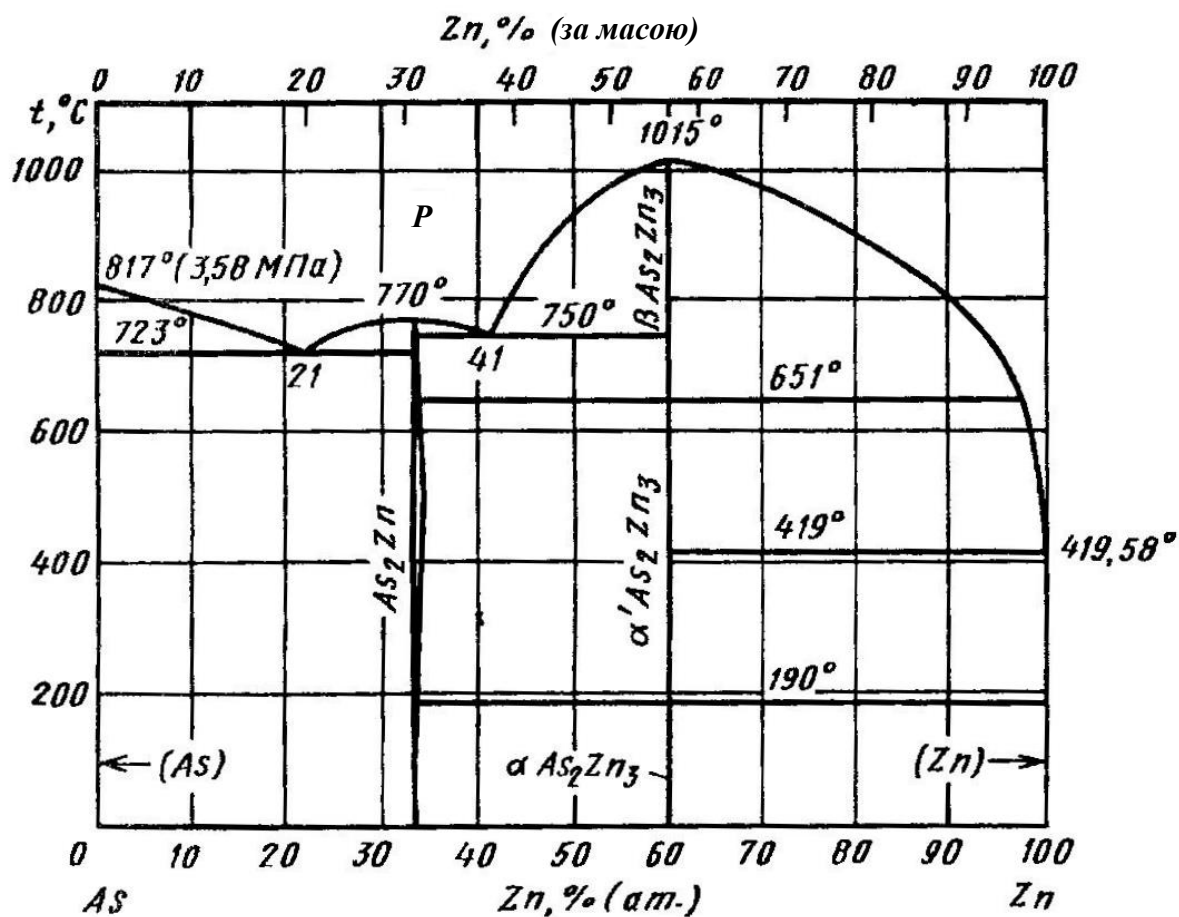


Діаграма стану As–Rb

$$X_1 = \underline{35 \% \text{ Rb}}, T_1 = \underline{600 \text{ }^\circ\text{C}}. \quad X_2 = \underline{90 \% \text{ Rb}}, T_2 = \underline{300 \text{ }^\circ\text{C}}.$$

Варіант № 11

1. Структура й властивості рідких металів. Подібності й відмінності рідких і твердих металевих тіл.
2. Структура й властивості деформованих металів.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану арсен–цинк. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

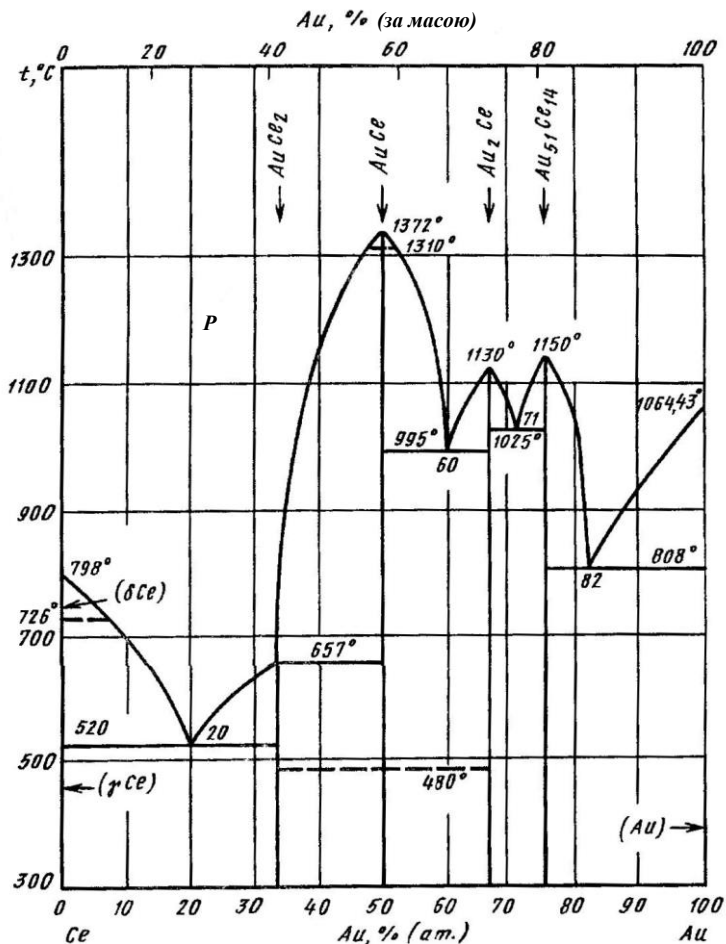


Діаграма стану As–Zn

$$X_1 = 50 \% \text{ Zn}, T_1 = 800 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad X_2 = 70 \% \text{ Zn}, T_2 = 700 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Варіант № 12

1. Кристалізування металів. Різні види кристалізувань. Енергетичні умови протікання процесу кристалізування.
2. Твердість і методи її вимірювання.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану золото–церій. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

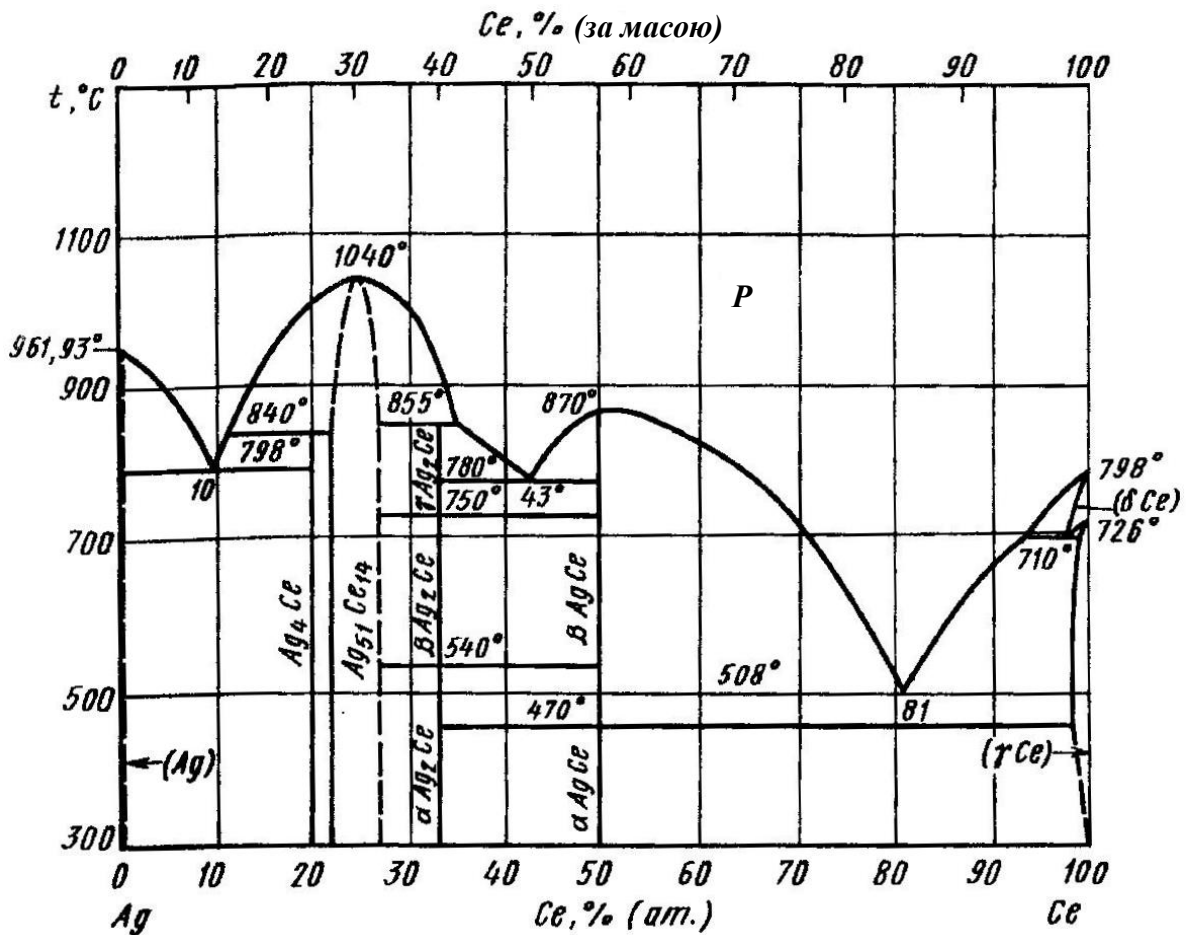


Діаграма стану Au–Ce

$$X_1 = \underline{40\% \text{ Au}}, T_1 = \underline{900^\circ\text{C}}. \quad X_2 = \underline{90\% \text{ Au}}, T_2 = \underline{900^\circ\text{C}}.$$

Варіант № 13

1. Стадії кристалізування. Фактори, що впливають на форму і розміри кристалів. Критичний зародок.
2. Поліморфні перетворювання в металах і неметалах.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану срібло–церій. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

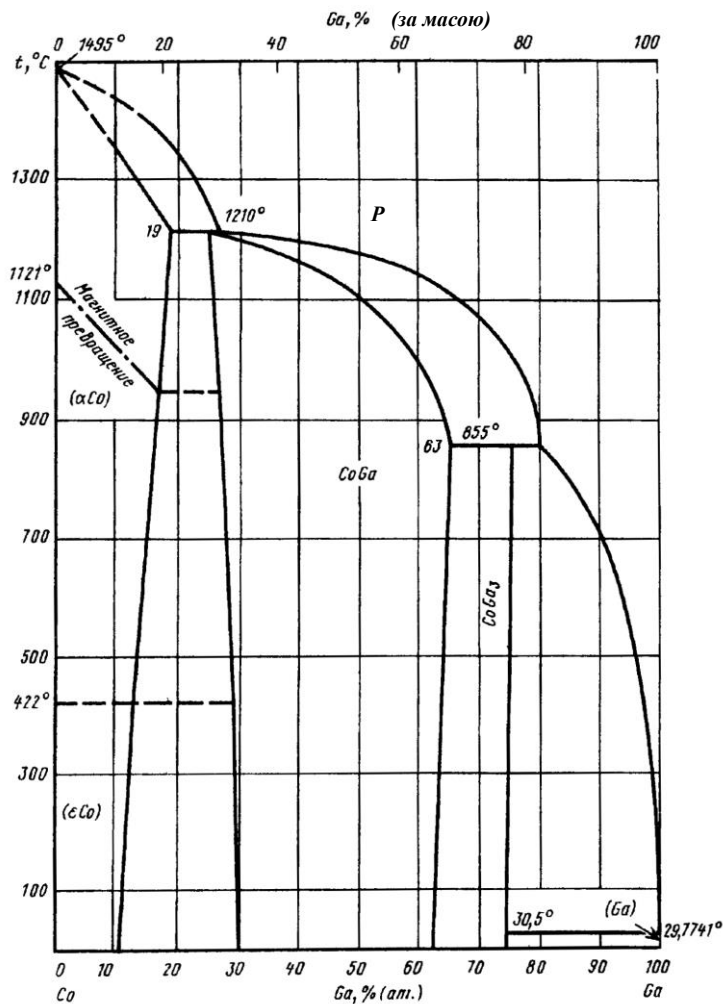


Діаграма стану Ag–Ce

$$X_1 = \underline{15\% \text{ Ce}}, T_1 = \underline{900^\circ\text{C}}. \quad X_2 = \underline{40\% \text{ Ce}}, T_2 = \underline{500^\circ\text{C}}.$$

Варіант № 14

1. Будова реального злитка. Криві Таммана.
2. Способи підвищення міцності металів.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану кобальт–галій. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

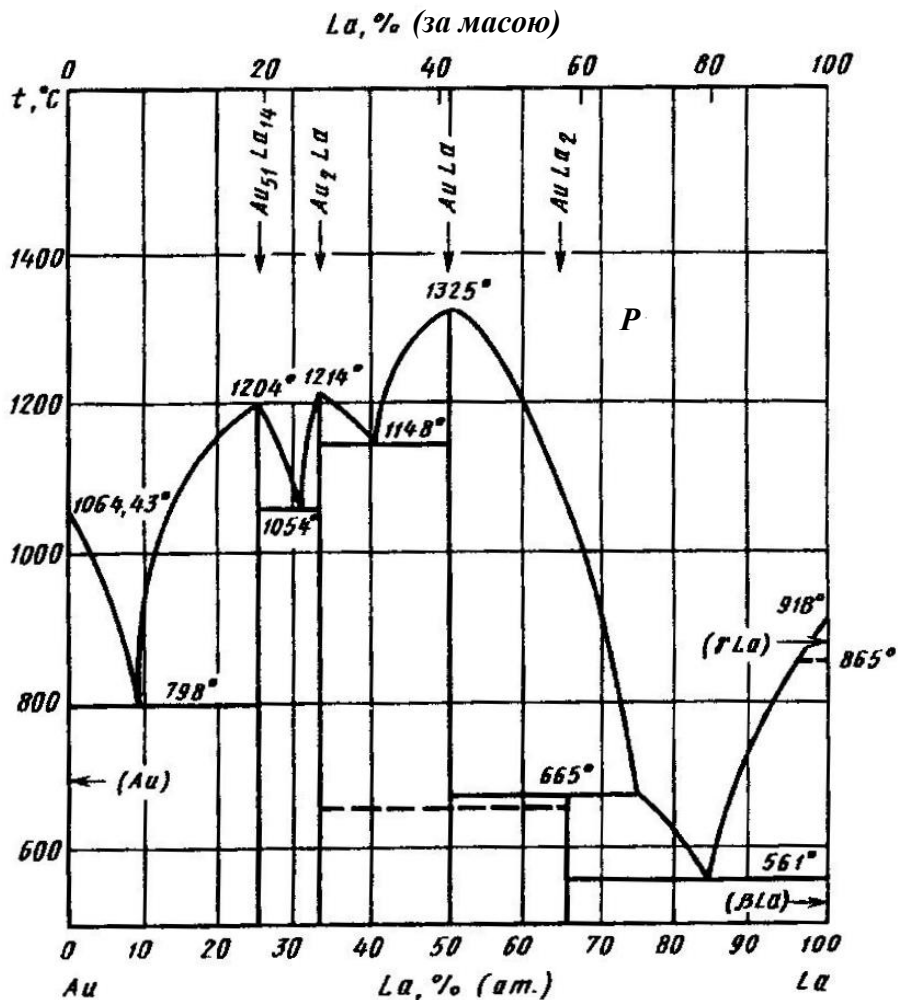


Діаграма стану Co–Ga

$$X_1 = \underline{20\% \text{ Ga}}, T_1 = \underline{1300\text{ }^\circ\text{C}}. \quad X_2 = \underline{78\% \text{ Ga}}, T_2 = \underline{700\text{ }^\circ\text{C}}.$$

Варіант № 15

1. Модифікування. Модифікатори I і II роду.
2. Причини та умови виникання анізотропії властивостей у кристалічних тілах.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану золото–лантан. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

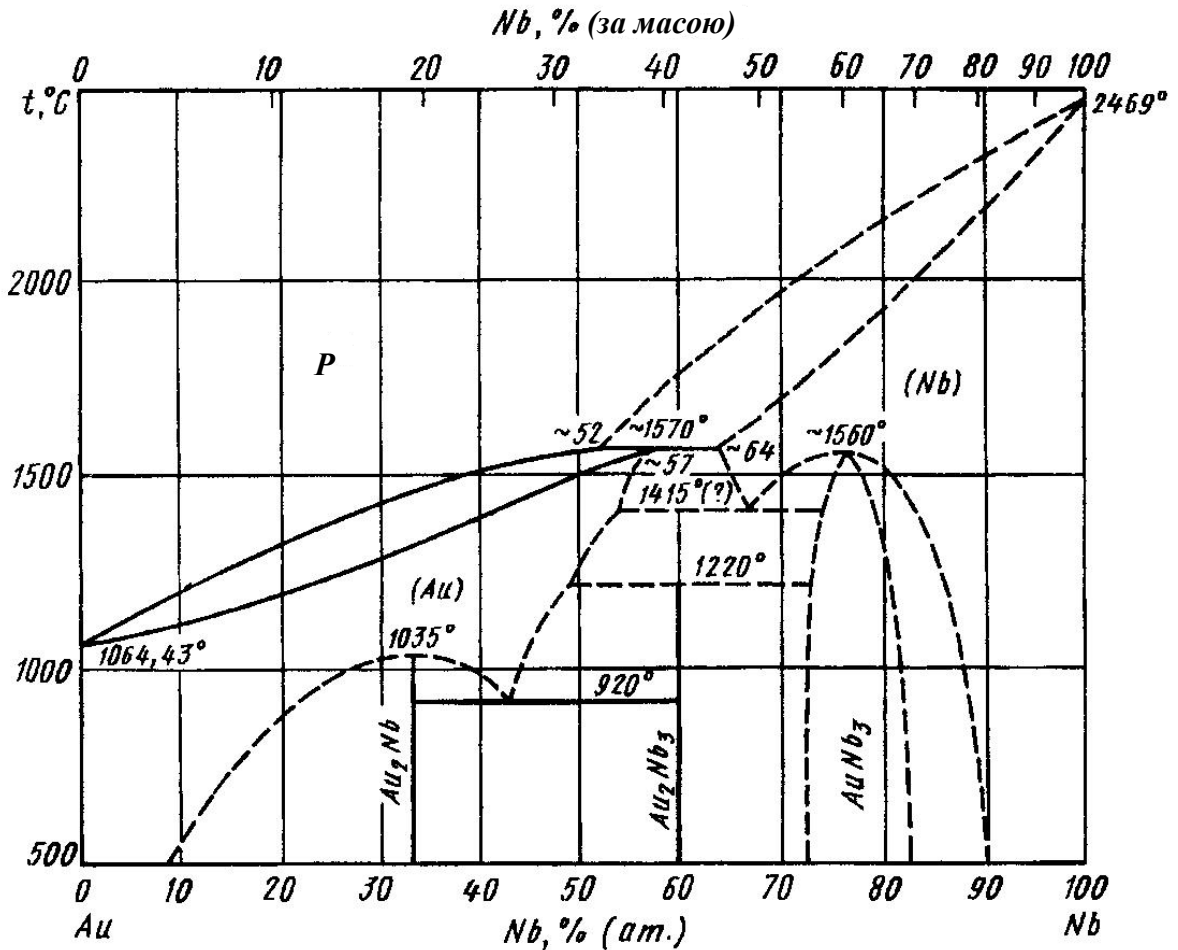


Діаграма стану Au–La

$$X_1 = \underline{45\% \text{ La}}, T_1 = \underline{1250\text{ }^\circ\text{C}}. \quad X_2 = \underline{70\% \text{ La}}, T_2 = \underline{800\text{ }^\circ\text{C}}.$$

Варіант № 16

1. Зростання кристалів. Різні форми кристалів. Будова реального злитка.
2. Термічний метод побудування діаграм стану двокомпонентних сплавів.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану золото–ніобій. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

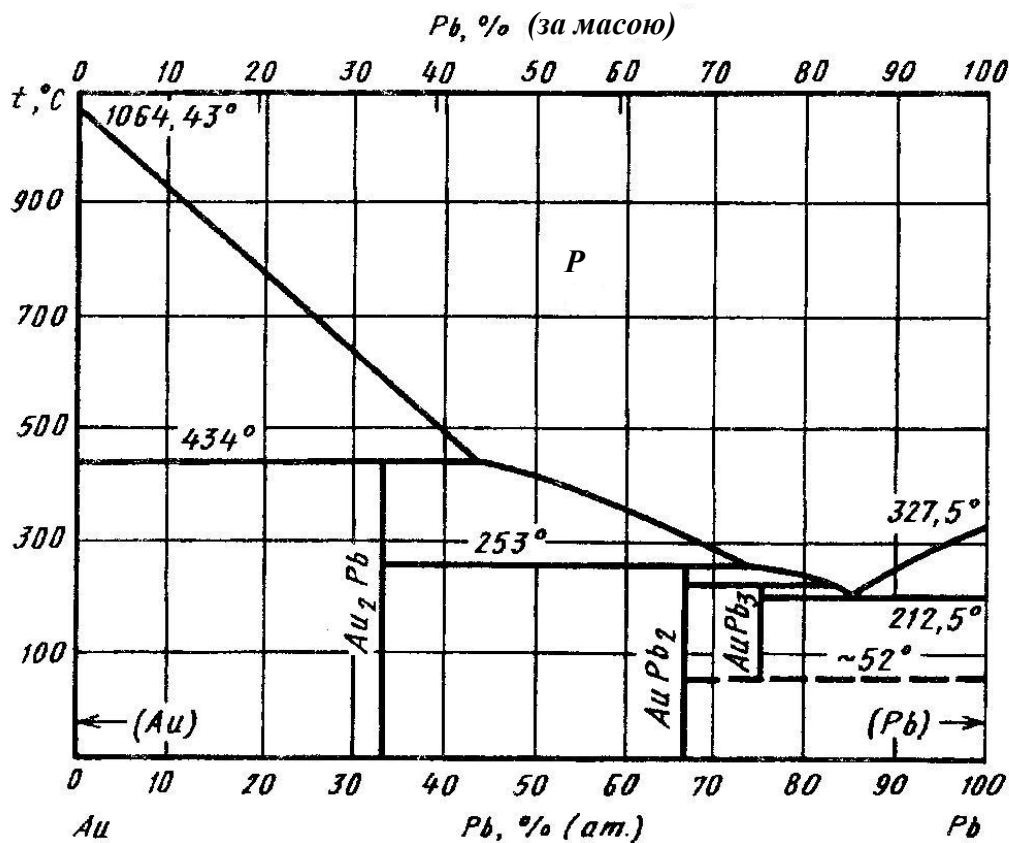


Діаграма стану Au–Nb

$$X_1 = \underline{35 \% \text{ Nb}}, T_1 = \underline{1400^\circ\text{C}}. \quad X_2 = \underline{70 \% \text{ Nb}}, T_2 = \underline{1800^\circ\text{C}}.$$

Варіант № 17

1. Утворювання різних структур після тверднення: механічні суміші, тверді розчини, проміжні фази.
2. Умови утворювання дендритів при первинному кристалізуванні литого металу.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану золото–свинець. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

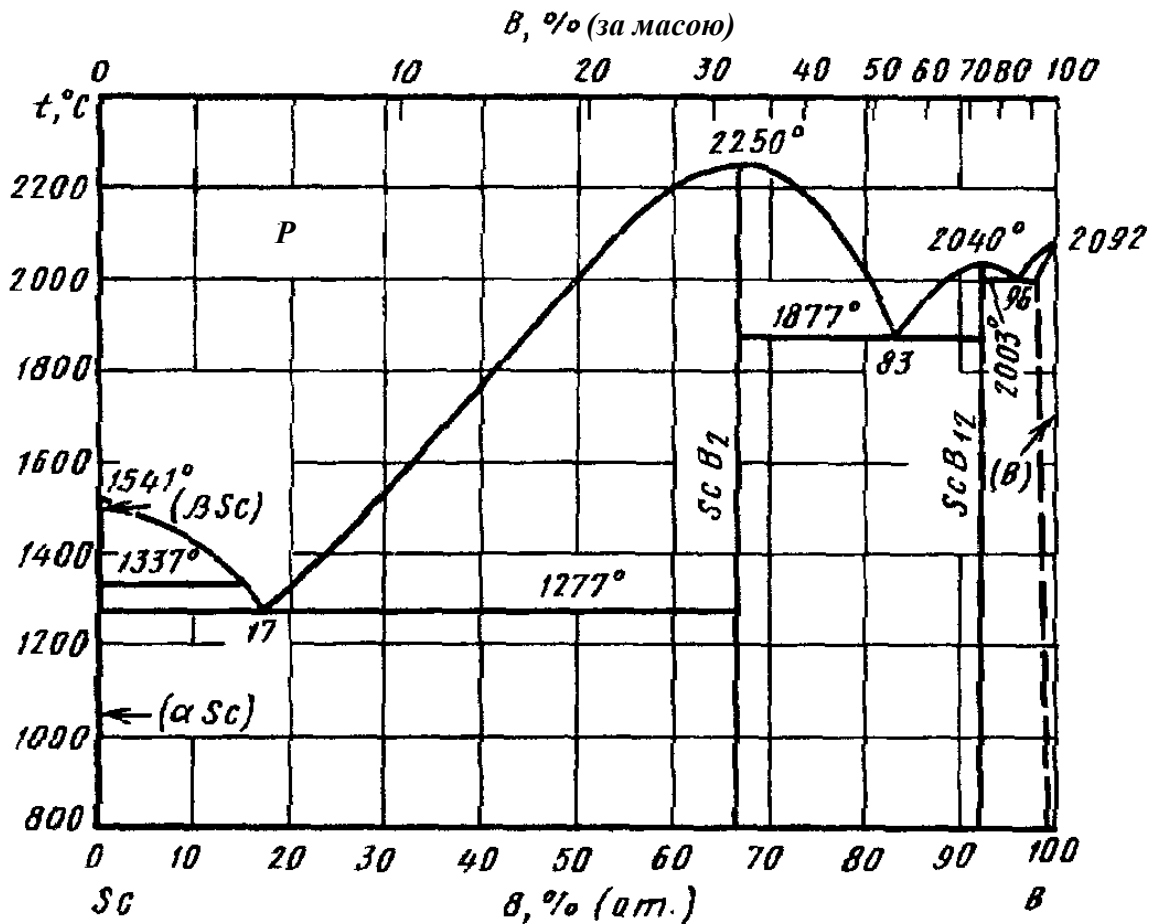


Діаграма стану Au–Pb

$$X_1 = \underline{40\% \text{ Pb}}, T_1 = \underline{300^\circ\text{C}}. \quad X_2 = \underline{70\% \text{ Pb}}, T_2 = \underline{100^\circ\text{C}}.$$

Варіант № 18

1. Типи твердих розчинів. Обмежені та необмежені тверді розчини. Упорядкування.
2. Когерентні та некогерентні границі зерен.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану скандій–бор. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

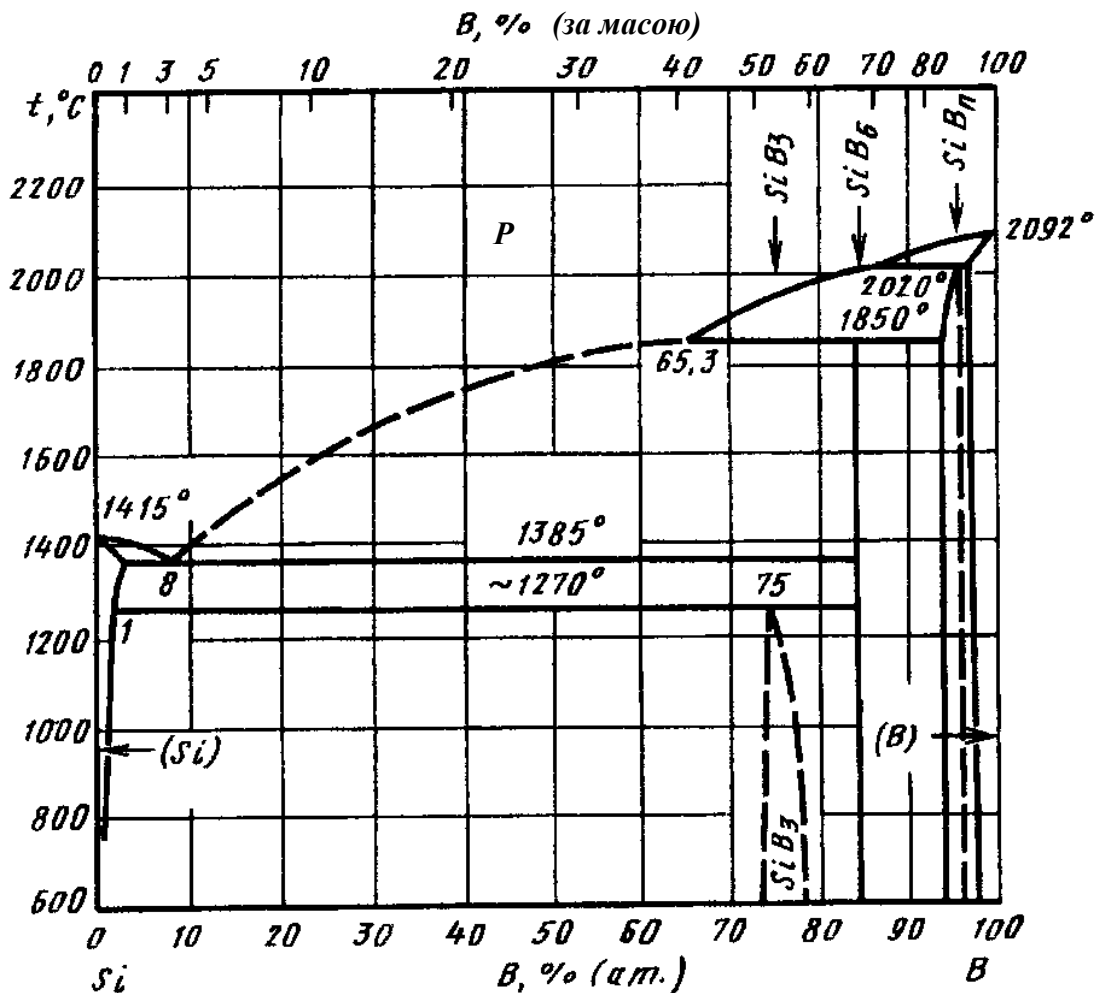


Діаграма стану Sc–B

$$X_1 = \underline{10\% B}, T_1 = \underline{1400\ ^\circ\text{C}}. \quad X_2 = \underline{70\% B}, T_2 = \underline{2000\ ^\circ\text{C}}.$$

Варіант № 19

1. Проміжні фази: особливості, різновиди.
2. Упорядкування твердих розчинів.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану кремній–бор. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

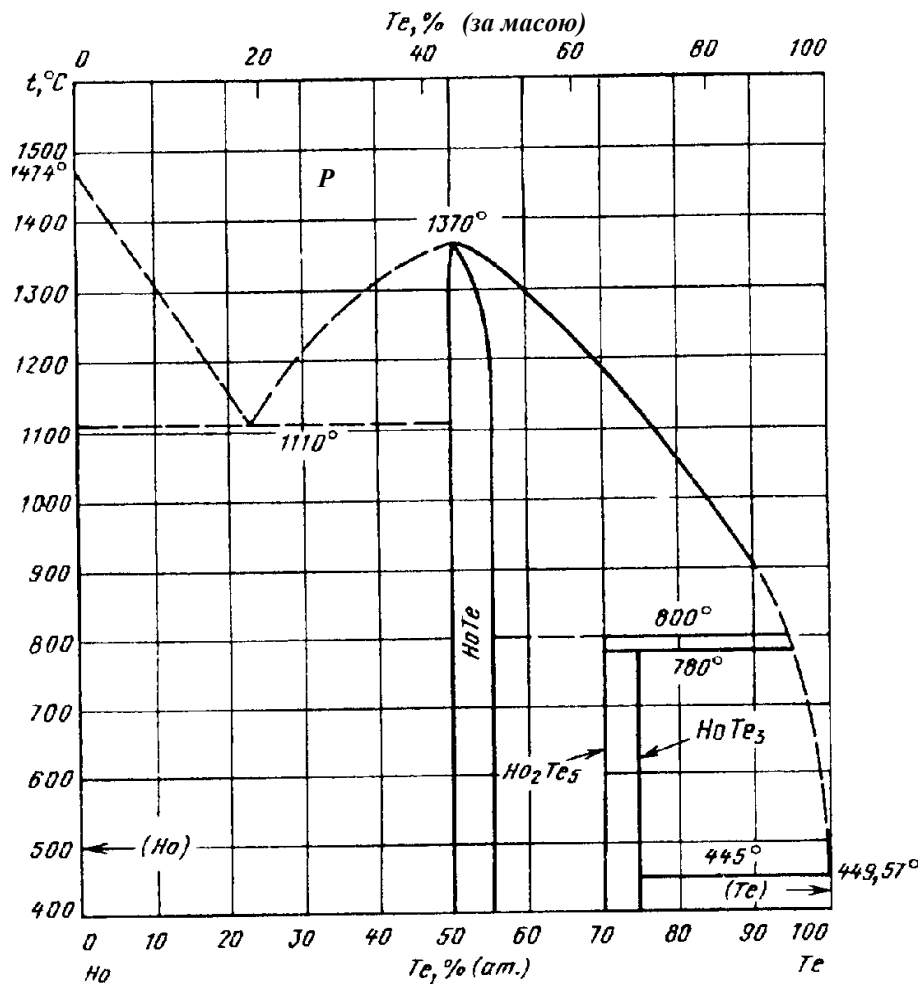


Діаграма стану Si–B

$$X_1 = 40 \% B, T_1 = 1600 ^\circ\text{C}. \quad X_2 = 90 \% B, T_2 = 1900 ^\circ\text{C}.$$

Варіант № 20

1. Принципи побудування діаграм стану. Види кривих охолодження.
2. Види кристалізування і енергетичні умови його протікання.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану гольмій–телур. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

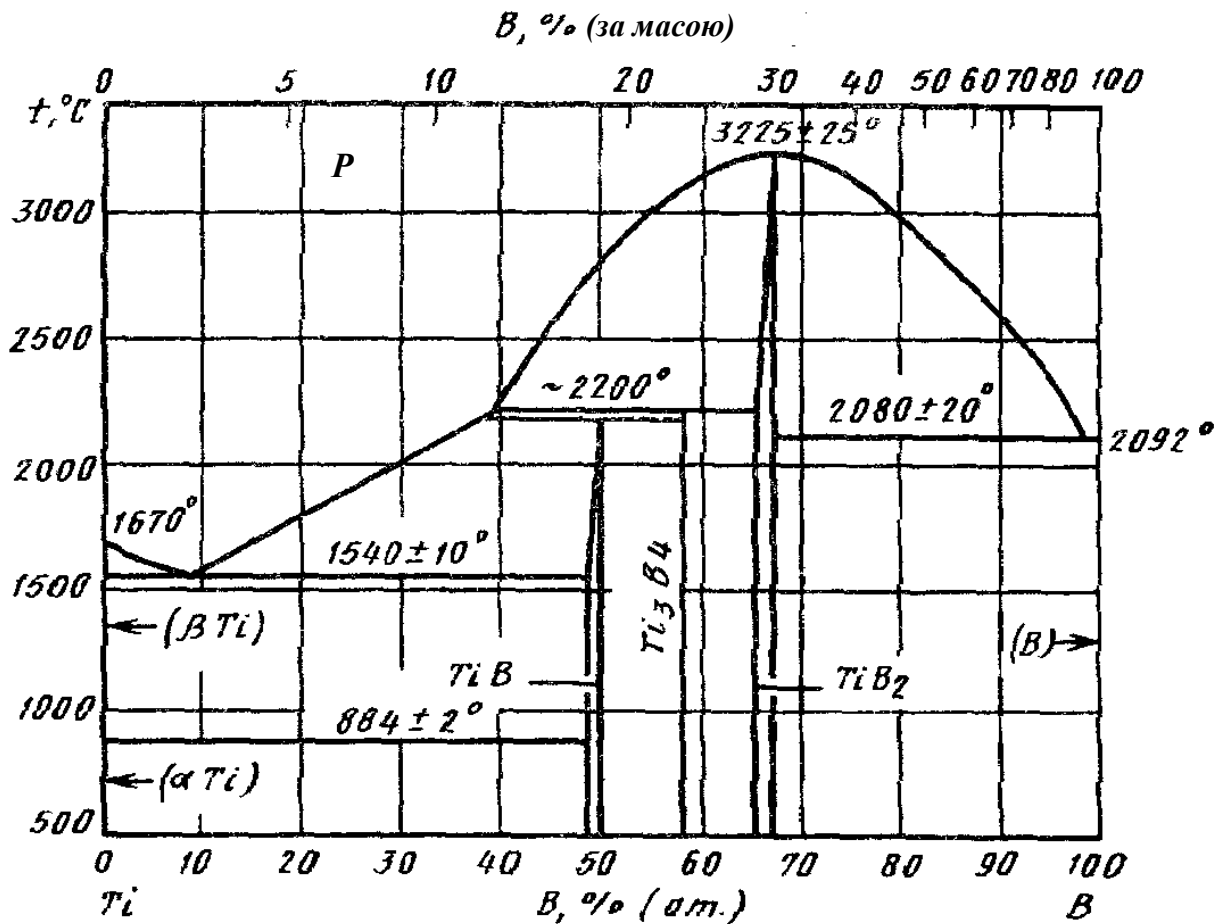


Діаграма стану Ho–Te

$$X_1 = 40 \% \text{ Te}, T_1 = 1200^\circ\text{C}. \quad X_2 = 80 \% \text{ Te}, T_2 = 1000^\circ\text{C}.$$

Варіант № 21

1. Зв'язок діаграми стану із властивостями сплавів (Закономірності Курнакова).
2. Ступінь переохолодження металу. Фактори, що впливають на її величину.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану титан–бор. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

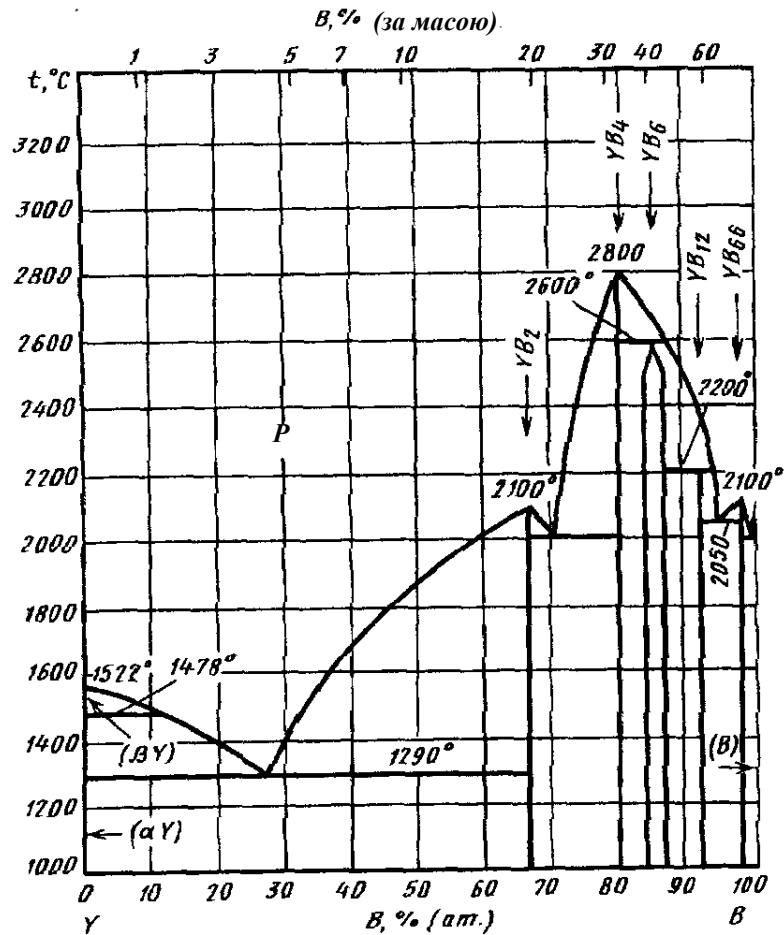


Діаграма стану Ti–B

$$X_1 = \underline{30 \% B}, T_1 = \underline{1700 ^\circ\text{C}}. \quad X_2 = \underline{55 \% B}, T_2 = \underline{2500 ^\circ\text{C}}.$$

Варіант № 22

1. Умови одержання обмеженої розчинності компонентів у рідкому і твердому стані.
2. Фізична сутність процесів плавлення і кристалізування.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану ітрію–бор. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

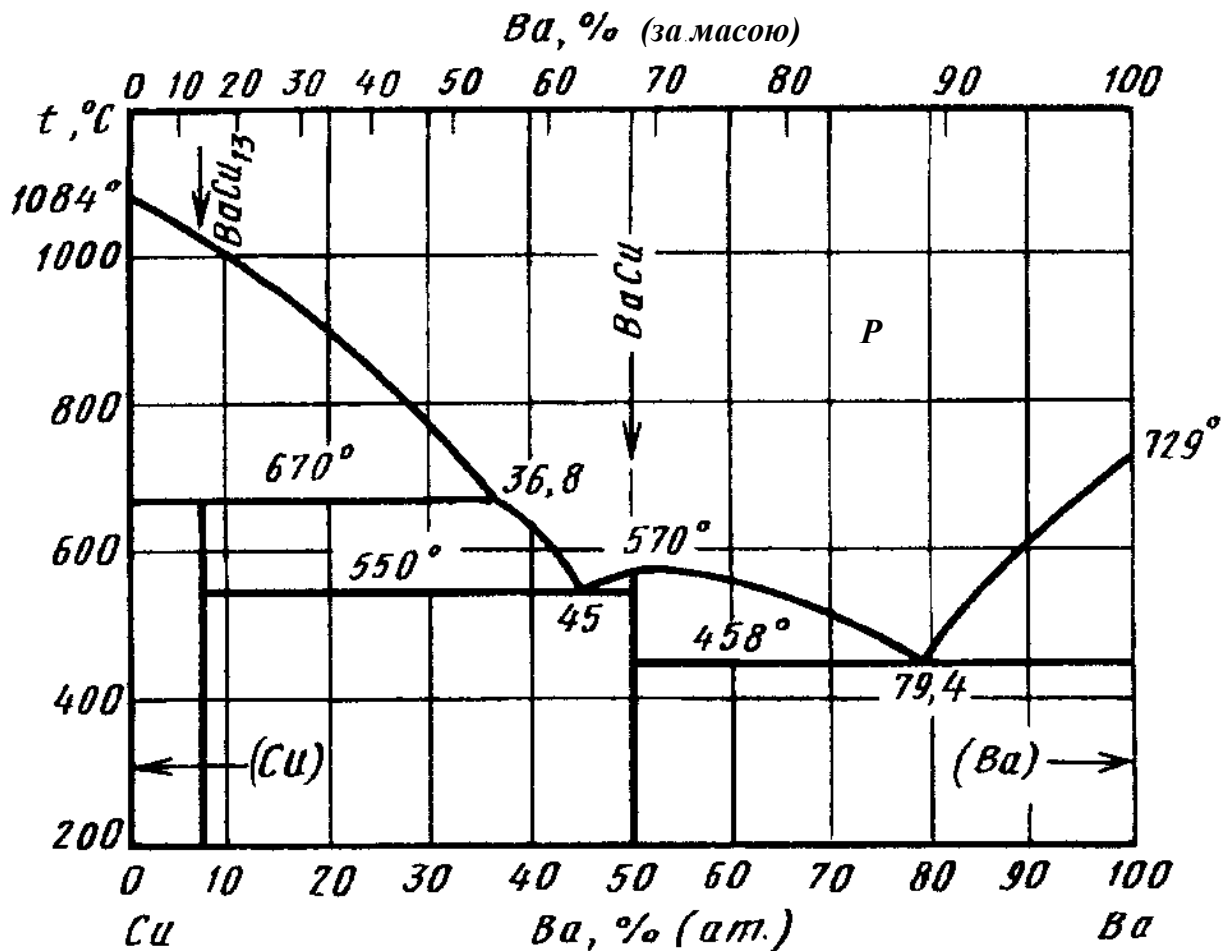


Діаграма стану Y–B

$$X_1 = \underline{5\% \text{ B}}, T_1 = \underline{1400\text{ }^\circ\text{C}}. \quad X_2 = \underline{75\% \text{ B}}, T_2 = \underline{2200\text{ }^\circ\text{C}}.$$

Варіант № 23

1. Умови утворювання евтектики. Морфологічні типи евтектик.
2. Міцність ідеальних і реальних металів.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану мідь–барій. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

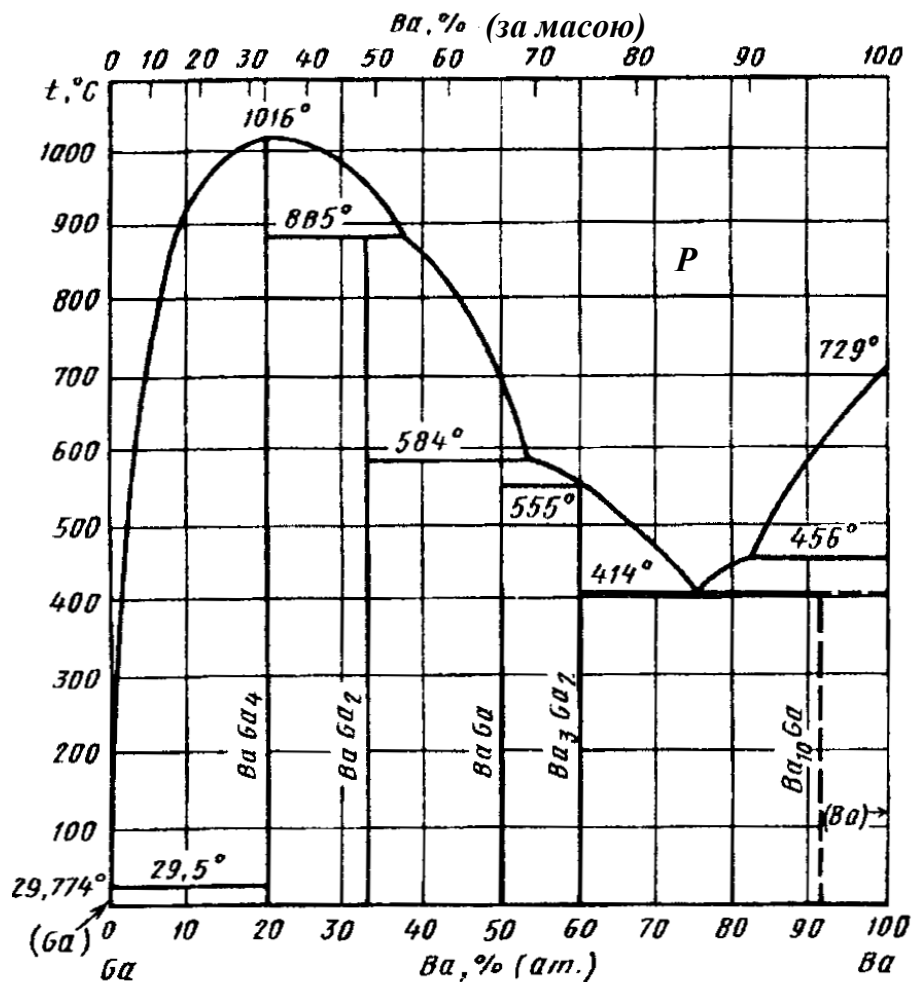


Діаграма стану Cu–Ba

$$X_1 = \underline{20\% \text{ Ba}}, T_1 = \underline{800\text{ }^\circ\text{C}}. \quad X_2 = \underline{90\% \text{ Ba}}, T_2 = \underline{500\text{ }^\circ\text{C}}.$$

Варіант № 24

1. Граничні випадки нонваріантних рівноваг.
2. Різні форми кристалічних утворювань у металах.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану галій–барій. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

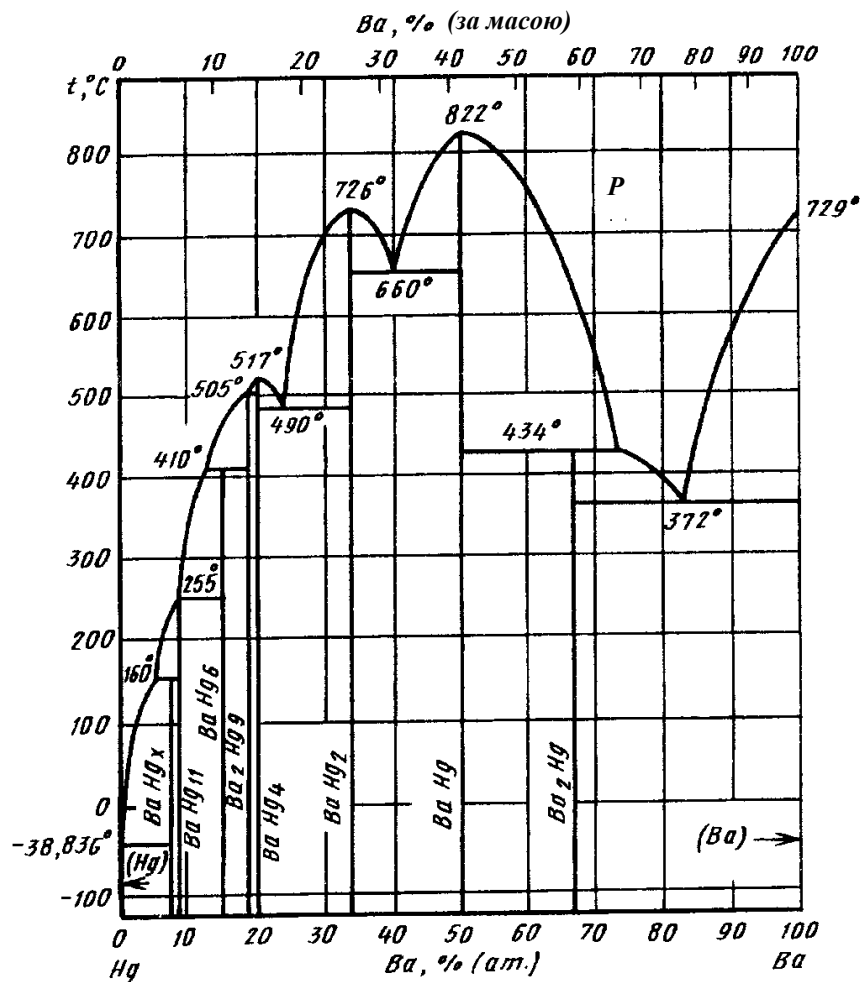


Діаграма стану Ga–Ba

$$X_1 = \underline{35\% \text{ Ba}}, T_1 = \underline{800^\circ\text{C}}. \quad X_2 = \underline{90\% \text{ Ba}}, T_2 = \underline{500^\circ\text{C}}.$$

Варіант № 25

1. Магнітні перетворювання в металах.
2. Фактори, що впливають на розмір і форму зерна в литому металі.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану ртуть–барій. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

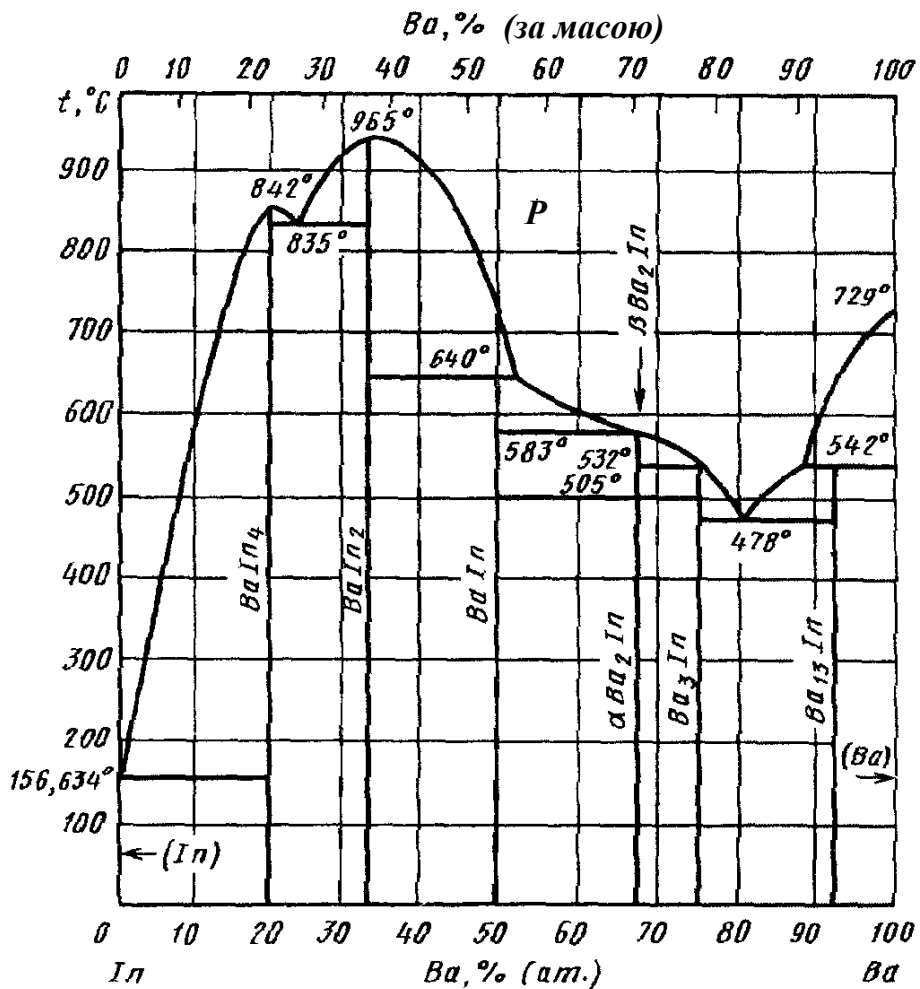


Діаграма стану Hg–Ba

$$X_1 = \underline{30 \% \text{ Ba}}, T_1 = \underline{600 \text{ }^\circ\text{C}}. \quad X_2 = \underline{70 \% \text{ Ba}}, T_2 = \underline{500 \text{ }^\circ\text{C}}.$$

Варіант № 26

1. Способи одержання дрібного зерна в литому металі.
2. Подібність і відмінності твердих розчинів проникнення і фаз проникнення.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану індій–барій. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

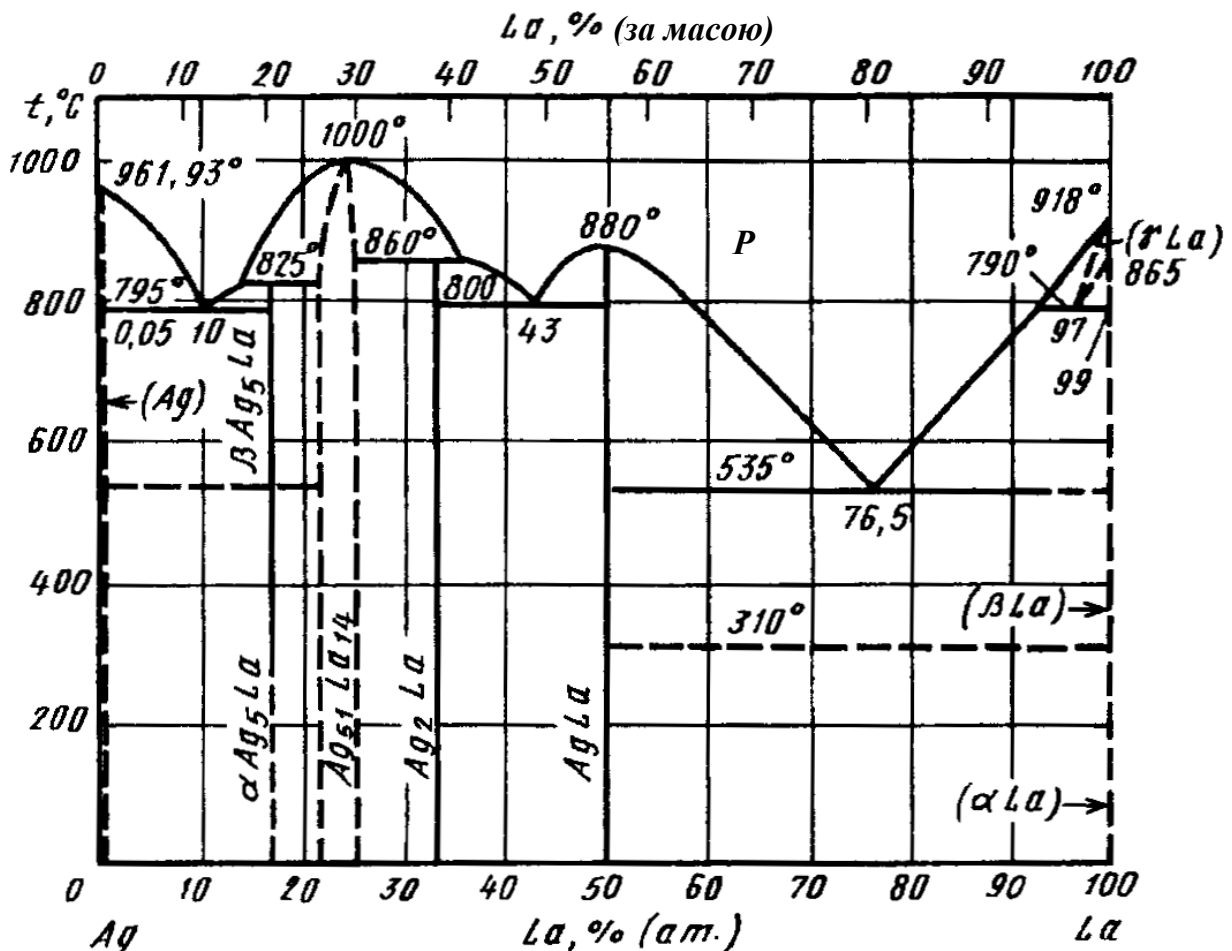


Діаграма стану In–Ba

$$X_1 = \underline{55 \% \text{ Ba}}, T_1 = \underline{600^\circ\text{C}}. \quad X_2 = \underline{90 \% \text{ Ba}}, T_2 = \underline{500^\circ\text{C}}.$$

Варіант № 27

1. Причини виникання ліквацийних явищ у сплавах. Види лікваций.
2. Змінювання вільної енергії сплавів при кристалізуванні.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану срібло–лантан. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

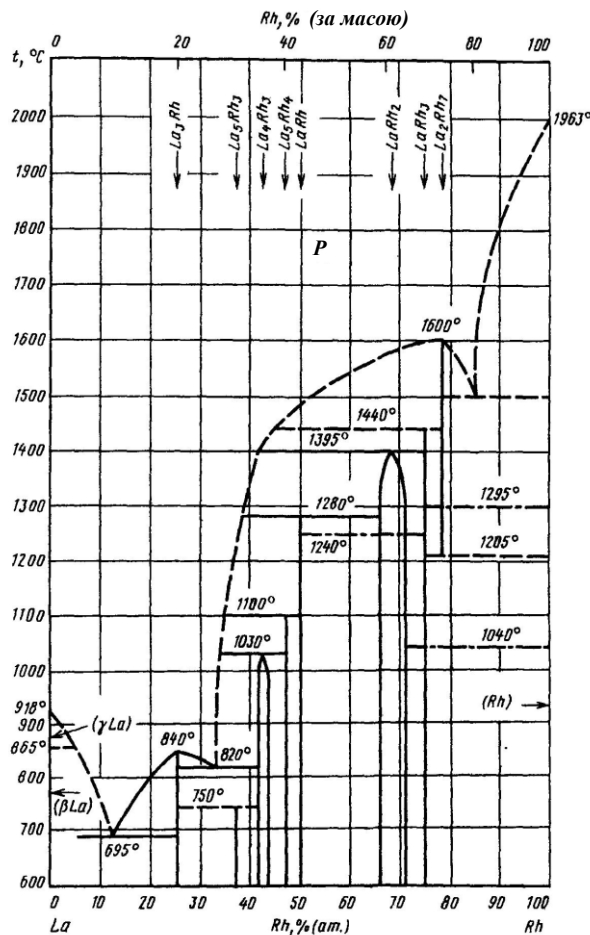


Діаграма стану Ag–La

$$X_1 = \underline{20 \% La}, T_1 = \underline{900 ^\circ\text{C}}. \quad X_2 = \underline{95 \% La}, T_2 = \underline{600 ^\circ\text{C}}.$$

Варіант № 28

1. Перетворювання в металах і сплавах, які протікають як фазовий перехід другого роду.
2. Мета модифікування. Модифікатори I й II роду.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану лантан–родій. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

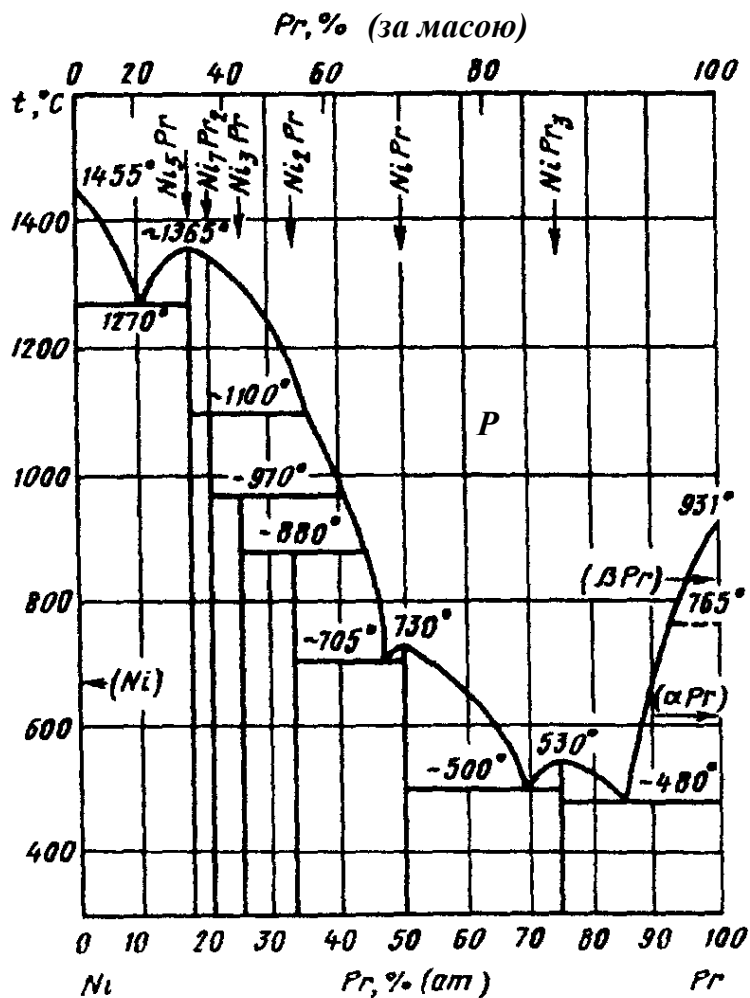


Діаграма стану La–Rh

$$X_1 = \underline{40 \% \text{ Rh}}, T_1 = \underline{1200 \text{ }^\circ\text{C}}. \quad X_2 = \underline{70 \% \text{ Rh}}, T_2 = \underline{1500 \text{ }^\circ\text{C}}.$$

Варіант № 29

1. Принцип аналізування діаграм трикомпонентних сплавів.
2. Методи подрібнювання зерна в литому металі.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану нікель–празеодим. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.

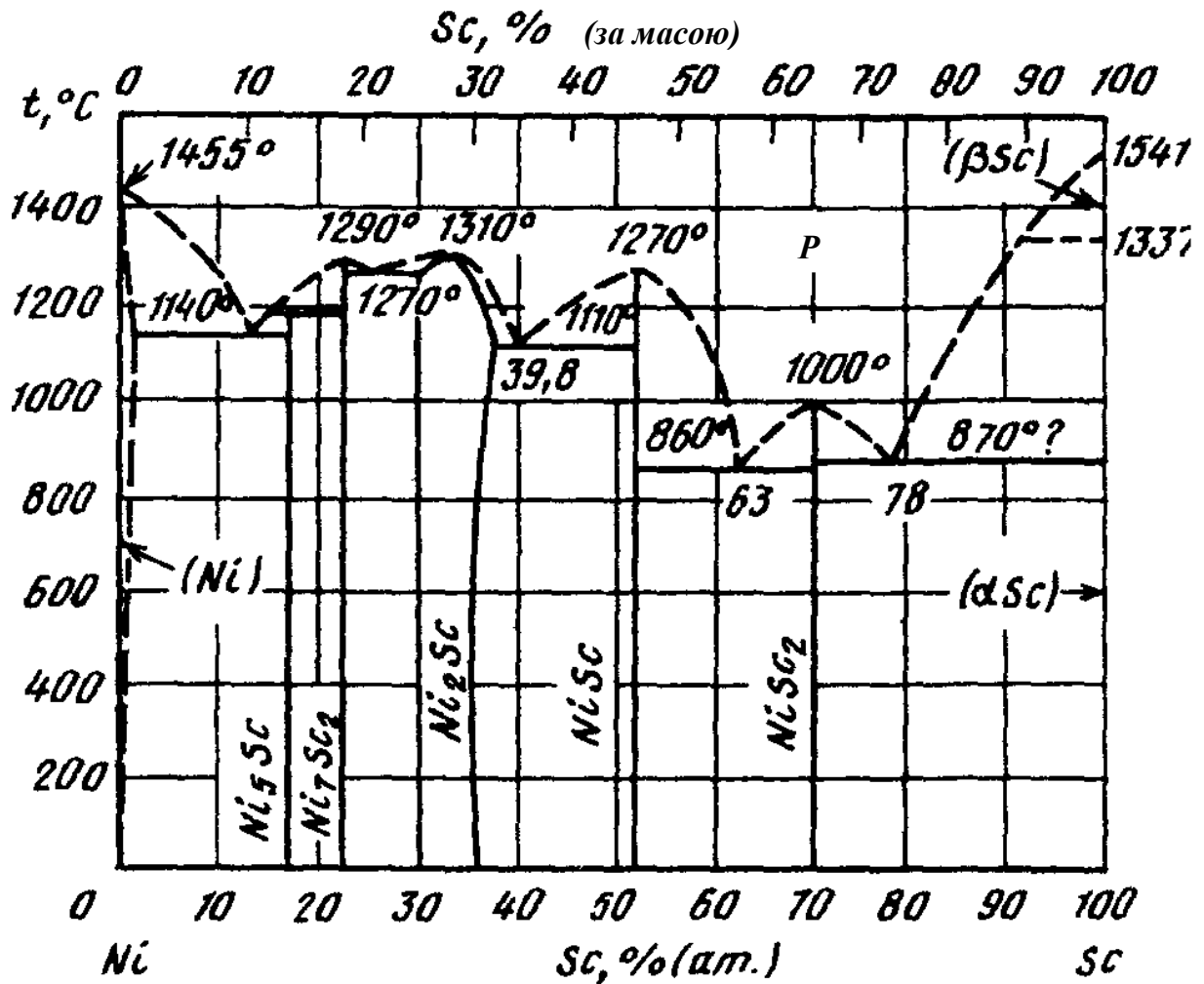


Діаграма стану Ni–Pr

$$X_1 = \underline{30\% \text{ Pr}}, T_1 = \underline{1200\text{ }^\circ\text{C}}. \quad X_2 = \underline{95\% \text{ Pr}}, T_2 = \underline{700\text{ }^\circ\text{C}}.$$

Варіант № 30

1. Криві нагрівання і охолодження чистих металів і сплавів.
2. Дендритна форма кристалів і умови її утворення.
3. Опишіть взаємодію компонентів у діаграмі стану нікель–скандій. Вкажіть основні лінії діаграми, структуру у всіх областях діаграми та перетворювання, у результаті яких вона утворюється. Побудуйте із застосуванням правила фаз криві охолодження для сплавів заданого складу. Вкажіть фази, їх хімічний склад і кількісне співвідношення при відповідних температурах.



Діаграма стану Ni–Sc

$$X_1 = \underline{95 \% Sc}, T_1 = \underline{1300^\circ C}. \quad X_2 = \underline{50 \% Sc}, T_2 = \underline{1000^\circ C}.$$

4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Відповідно до навчального плану спеціальності 132 «Матеріалознавство» курсова робота з дисципліни «Металознавство» виконується самостійно.

У процесі виконання курсової роботи студенти закріплюють здобуті теоретичні знання з матеріалознавства, опановують навички роботи з науково-технічною та довідковою літературою.

Курсова робота вимагає від студентів застосування теоретичних положень дисципліни «Прикладне матеріалознавство» для практичного аналізування конкретних діаграм стану подвійних сплавів.

Структура курсової роботи спрямована на творчий пошук та індивідуальний підхід у побудові та проведенні аналізування діаграм стану подвійних сплавів, сприяє розширенню ерудиції майбутнього інженера.

Кожен студент виконує свій варіант курсової роботи, який відрізняється від інших. Робота виконується під керівництвом викладача, який у встановленому порядку видає студенту індивідуальне завдання для виконання, графік його виконання, надає студенту методичну допомогу, необхідну студенту для розв'язання окремих питань, рекомендує необхідну літературу, проводить систематичні консультації за розкладом і контролює хід виконання роботи.

Курсова робота оформлюється відповідно до вимог, викладених нижче. Її захист відбувається в установлений термін.

Дослівне копіювання матеріалів інших робіт, підручників, конспектів, методичних вказівок, інших джерел не допускається. Однак допускається використання таких матеріалів за умови обов'язкового посилання на них відповідно до встановлених правил. Загальні положення, аналізування діаграм стану подвійних сплавів, висновки викладаються в тексті курсової роботи самостійно.

Побудування курсової роботи має бути максимально наближеним до класичної наукової роботи, вимоги до структури і оформлення якої регламенту-

ються СТЗВО-ХПІ-3.01-2018. Система стандартів з організації навчального процесу. Текстові документи у сфері навчального процесу. Загальні вимоги до виконання.

У встановлений термін до захисту курсової роботи студент зобов'язаний представити викладачу для перевірки його текстову частину у переплетеному вигляді, яка повинна послідовно містити такі структурні елементи:

- титульний аркуш (див. Додаток 1);
- основну частину;
- список джерел інформації.

Аркуш з переліком питань курсової роботи розташовується після титульного аркушу роботи та не входить в загальну кількість аркушів.

Список джерел інформації являє собою список літератури та електронних ресурсів, звідки був запозичений фактичний матеріал, необхідний для виконання курсової роботи. Цей список складають у порядку появи посилань у тексті роботи. Посилання на літературу в тексті роботи розміщують у квадратних дужках після відповідної цитати, наприклад [7]. В даному випадку «7» – це номер у списку літератури тієї публікації, на яку посилається автор. У списку джерел інформації, посилання на кожне джерело записують з абзацу і нумерують арабськими числами. Оформлення списку джерел інформації виконується згідно з СТЗВО-ХПІ-3.01-2018.

Текстову частину курсової роботи оформляють відповідно до вимог СТЗВО-ХПІ-3.01-2018, державною мовою, за допомогою засобів комп'ютерної техніки. Текст роботи друкують з одного боку на аркушах білого паперу формату А4 (210×297 мм), розташування сторінок – книжне, залишаючи береги таких розмірів: лівий – 3 см, правий – 1,5 см, верхній і нижній – 2 см. При наборі тексту висота букв повинна бути не меншою 2,5 мм. Рекомендується використовувати шрифт Times New Roman (кегель 14) з міжрядковим інтервалом 1,5 і вирівнювання за шириною сторінки. Перший рядок кожного абзацу необхідно починати з відступом на 1 см. Відстань між абзацами така сама, як і між рядка-

ми у абзаци – 1,5 інтервали. Шрифт друку повинен бути чітким, чорного кольору, а щільність тексту роботи однаковою. Заголовок першого розділу курсової роботи необхідно друкувати великими літерами напівжирним шрифтом з вирівнюванням по центру «ОСНОВНА ЧАСТИНА». Кожне нове питання курсової роботи необхідно починати з нового аркушу. Заголовок – «СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ» не нумерується. Нумерацію подають арабськими цифрами без знаку §, № і т. п., з крапкою після цифри. Таблиці і рисунки слід розміщувати в тексті безпосередньо після їх першого згадування. Всі сторінки роботи, включаючи список використаних джерел, підлягають нумерації на загальних засадах. Першою сторінкою роботи є титульний аркуш, який включають до загальної нумерації сторінок роботи. На титульному аркуші (сторінка 1) та на аркуші із завданням до курсової роботи (не входить в загальну кількість сторінок) номер сторінок не ставлять. Нумерація починається із сторінки основної частини, де розкривається перше питання, та здійснюється у правому верхньому куті сторінки без крапки. Рисунки, таблиці та формули нумерують послідовно арабськими цифрами. Порядкові номери позначають арабськими цифрами у круглих дужках на сторінці праворуч на рівні відповідної формули. Наприклад: «(2.1)» – перша формула другого питання. Кожний рисунок (схема, діаграма, графік) повинний мати порядковий номер та назву, які необхідно розміщувати під ним без крапки. Наприклад: «Рисунок 3.1 – Діаграма фазового складу двокомпонентного сплаву». У тексті, де викладено матеріал, який пов'язаний з рисунком на який необхідно вказати, розміщують посилання у круглих дужках «(рис. 3.1)», або «див. рис. 3.1». Кожна таблиця повинна мати порядковий номер та назву, які необхідно розміщувати над таблицею посередині рядка. Наприклад: «Таблиця 1.1 – Критичні точки сплаву». При перенесенні частини таблиці на наступну сторінку, слово «Таблиця» та її назва вказуються один раз над першою частиною таблиці, а над іншими частинами пишуть: «Продовження табл.», «Закінчення табл.» із зазначенням її номера.

ДОДАТОК

Зразок оформлення титульного аркуша

Міністерство освіти і науки України

**Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»**

Кафедра «Матеріалознавство»

**Курсова робота з дисципліни
«Металознавство»**

Виконав(а)

ст. гр.

Перевірив

Дата виконання роботи

Особистий підпис студента

Харків – 20__

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Афтанділянц Є. Г. Матеріалознавство [Електронний ресурс] : підручник / Є. Г. Афтанділянц, О. В. Зазимко, К. Г. Лопатько. – Київ : Вища освіта, 2012. – 548 с. – Електрон. копія текст. даних. – Режим доступу : <http://mto.kpi.ua/images/books/Materials%20Aftodilyanec.pdf>
2. Гуляев А.П. Металловедение [Електронний ресурс] : учебник / А. П. Гуляев. – Москва : Metallurgiya, 1986. – 544 с. – Електрон. копія текст. даних. – Режим доступу : <http://www.chipmaker.ru/files/file/13144/>
3. Інженерне матеріалознавство [Електронний ресурс] : підручник / Дубовий О. М., Казимиренко Ю. О., Лебедева Н. Ю. та ін. – Миколаїв : НУК, 2009. – 444 с. – Електрон. копія текст. даних. – Режим доступу : http://eir.nuos.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/575/Dubovoj_Injenerne.pdf?sequence=1
4. Лахтин Ю. М. Металловедение и термическая обработка металлов [Електронний ресурс] : учебник / Ю. М. Лахтин. – Москва : Metallurgizdat, 1979. – 320 с. – Електрон. копія текст. даних. – Режим доступу : <https://cloud.mail.ru/public/39hQ/41zyGebKo>
5. Металловедение [Електронний ресурс] : Учебник. В 2-х т. Т. I. Коллектив авторов / Новиков И. И., Золоторевский В. С., Портной В. К. и др. ; под общ. ред. В. С. Золоторевского. – Москва : Издательский Дом МИСиС, 2009. – 496 с. – Електрон. копія текст. даних. – Режим доступу : <https://www.twirpx.com/file/1597992/>
6. Металознавство [Електронний ресурс] : підручник / Бялік О. М., Черненко В. С., Писаренко В. М. та ін. – Київ : Політехніка, 2002. – 384 с. – Електрон. копія текст. даних. – Режим доступу : <https://b-ok.org/dl/3226994/3baca0>
7. Березовская В. В. Диаграммы состояния двойных систем [Електронний ресурс] : учеб. пособ. / В. В. Березовская, Н. Н. Озерец, М. А. Гервасьев. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 200 с. – Електрон. копія текст. да-

них. – Режим доступу : https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/59183/1/978-5-7996-2266-4_2018.pdf

8. Гетерогенні рівноваги [Електронний ресурс] : навч. посібник для студ. вищих навч. закл. / Барчій І. Є., Переш Є. Ю., Різак В. М. та ін. – Ужгород : ВАТ «Вид-во «Закарпаття», 2003. – 212 с. – Електрон. копія текст. даних. – Режим доступу : <https://www.uzhnu.edu.ua/uk/infocentre/get/23517>

9. Захаров А. М. Диаграммы состояния двойных и тройных систем [Електронний ресурс] : учеб. пособ. / А. М. Захаров. – Москва : Металлургия, 1990. – 240 с. – Електрон. копія текст. даних. – Режим доступу : <http://padabum.com/d.php?id=39263>

10. Осинцев О. Е. Диаграммы состояния двойных и тройных систем. Фазовые равновесия в сплавах [Електронний ресурс] : учеб. пособ. по специальным дисциплинам для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям 150501 Материаловедение в машиностроении и 150601 Материаловедение и технология новых материалов, а также по образовательным программам магистров по направлению 150600 Материаловедение и технология новых материалов / О. Е. Осинцев. – Москва. : Машиностроение, 2021. – 352 с. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу : https://mirknig.su/knigi/tehnicheckie_nauki/501865-diagrammy-sostoyaniya-dvoynyh-i-troynyh-sistem-fazovye-ravnovesiya-v-splavah.html

11. Сухова О. В. Геометрична термодинаміка і фазові рівноваги [Електронний ресурс] : Навч. посіб. / О. В. Сухова. – Дніпропетровськ : РВВ ДНУ, 2007. – 68 с. – Електрон. копія текст. даних. – Режим доступу : https://www.researchgate.net/publication/329611475_Geometric_thermodynamics_and_phase_transformations

12. Сухова О. В. Фазові перетворення у сплавах [Електронний ресурс] навч. посіб. для студентів фізичних та інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / О. В. Сухова. – Дніпропетровськ : РВВ ДНУ, 2009. – 100 с. – Електрон. копія текст. даних. – Режим доступу :

https://www.researchgate.net/profile/Elena_V_Sukhovaya/publication/329625645_Phase_transformations_in_alloys/links/5c1269e24585157ac1bf6245/Phase-transformations-in-alloys.pdf

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ

1. <http://www.materialscience.ru/subjects/materialovedenie/>
2. <http://www.twirpx.com/>
3. <https://studfiles.net/>

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	5
2. ХАРАКТЕРИСТИКА ДІАГРАМ ПОДВІЙНИХ СПЛАВІВ І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ПО ЇХ АНАЛІЗУВАННЮ.....	9
3. ПРИКЛАД АНАЛІЗУВАННЯ ДІАГРАМ СТАНУ ДВОКОМПОНЕНТНИХ СПЛАВІВ.....	21
4. ВАРІАНТИ КУРСОВИХ РОБІТ	23
5. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ	53
ДОДАТОК 1 Зразок оформлення титульного аркуша.....	56
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ.....	57
ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ.....	59

Навчальне видання
Методичні вказівки
до виконання курсової роботи
з дисципліни «Металознавство»
для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство»
освітньо-професійної програми «Прикладне матеріалознавство,
новітні технології та комп'ютерний дизайн матеріалів»
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання
закладів вищої освіти

Укладачі : ПРОТАСЕНКО Тетяна Олександрівна
 РЕБРОВА Олена Михайлівна
 ШЕВЧЕНКО Світлана Михайлівна та інші

Відповідальний за випуск *доц. Валерія Субботіна*
Роботу до видання рекомендувала *проф. Ольга Пономаренко*.
Комп'ютерна верстка *Г. А. Федоренко*
В авторській редакції

План 2021 р., поз. 121

Підписано до друку . .2021. Формат 60x84 1/16. Папір офсетний

Riso-друк. Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк.

Наклад 50 прим. Зам. № . Ціна договірна

Видавничий центр НТУ «ХП».
вул. Кирпичова, 2, м. Харків-2, 61002
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.

Електронна версія