

Міністерство освіти і науки України

Донбаська державна машинобудівна академія

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**і індивідуальні завдання
до самостійної роботи з курсу
«Металознавство, теорія і технологія
металообробки»
для студентів спеціальності 7.090403
*«Ливарне виробництво чорних і кольорових
металів»***

Краматорськ 2002

Міністерство освіти і науки України

Донбаська державна машинобудівна академія

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

і індивідуальні завдання
до самостійної роботи з курсу
«Металознавство, теорія і технологія
металообробки»
для студентів спеціальності 7.090403
*«Ливарне виробництво чорних і кольорових
металів»*

Перезатверджено на засіданні
кафедри ТОЛВ
Протокол №2 від 28.08.2012

Затверджено на засіданні
кафедри металознавства,
технології і термічної
обробки металів
протокол № 7 від 05.01.02

Краматорськ 2002

УДК 669.016075.8

Методичні вказівки й індивідуальні завдання до самостійної роботи з курсу «Металознавство, теорія і технологія металообробки» для студентів спеціальності 7.090403 «Ливарне виробництво чорних і кольорових металів» / Укл. М.Я.Белкін. – Краматорськ: ДДМА, 2002. – 108 с.

Приведено основний зміст лекцій за курсом з вказівкою літературних джерел для самостійного пророблення навчального матеріалу, а також тексти індивідуальних завдань (РГР) для виконання студентами контрольованої самостійної роботи.

Укладач

М.Я.Белкін, проф.

Відп. за випуск

М.Я.Белкін, проф.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Самостійна робота студентів є важливим фактором засвоєння програмного матеріалу досліджуваної дисципліни. Ця робота включає самостійне вивчення теоретичної частини курсу за допомогою підручників і конспекту лекцій, придбання навичок самостійного розв'язання інженерних задач на основі знань теоретичних положень курсу, а також виконаних лабораторно-практичних завдань.

Методичні вказівки складаються з двох частин. У першій частині приведені теми лекцій, що читаються студентам за даним курсом, викладений зміст кожної лекції з вказівкою літературного джерела і сторінок підручників, де найбільш повно представлений відповідний навчальний матеріал.

Друга частина методичних вказівок містить тексти індивідуальних завдань, які видаються студентам як розрахунково-графічні роботи, а також перелік тем програмованих контролів, проведення яких здійснюється кафедрою за графіком з метою контролю ступеня засвоєння студентами навчального матеріалу відповідної теми. Для надання допомоги студентам у самостійній підготовці до програмованого контролю знань, а також самоконтролю якості засвоєння навчального матеріалу в цих методичних вказівках приведені вузлові питання навчального матеріалу. Приведені також основні питання екзаменаційних квитків за курсом.

2 ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

2.1 Найменування тем, обсяг аудиторних занять в годинах

Таблиця 2.1

№ те- ми	Найменування теми	Годин на вивчення			
		всьо- го	в тому числі		
			ле- кцій	лабора- торних робіт	практи- чних занять
1	2	3	4	5	6
5 семестр					
1	Вступ. Задачі металознавства. Основні методи дослідження металів. Проблеми охорони навколишнього середовища	6	2	4	
2	Метали і їхні властивості. Атомно-кристалічна будова металів	4	2	2	
3	Особливості будови реальних кристалів. Теорія дислокацій	4	2	2	
4	Плавлення і кристалізація металів	4	4		
5	Механічні і фізичні властивості металів. Механічні властивості, обумовлені при статичних навантаженнях	6	2	4	
6	Фізична природа механічних властивостей	2	2		
7	Механічні властивості, обумовлені при динамічних і знакоперемінних навантаженнях	6	2	4	
8	Крихке і в'язке руйнування. Елементи механіки руйнування. Фрактографія	6	2	2	2
9	Структурні зміни в металах при деформації	4	2	2	
10	Поводження деформованого металу при нагріванні, повернення, рекристалізація	4	2	2	

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6
11	Основи теорії сплавів. Сплави і їхні характеристики. Класифікація фаз	2	2		
12	Діаграми стану двокомпонентних систем	10	4	2	4
13	Діаграми стану трикомпонентних систем	2	2		
14	Фазові перетворення в сплавах у твердому стані	2	2		
15	Діаграми фазової рівноваги залізовуглецевих сплавів	8	2	2	4
16	Вуглецеві сталі, їхній склад. Властивості литої сталі	6	2	2	2
17	Властивості гарячодетформованої сталі. Класифікація і маркування вуглецевих сталей	2	2		
18	Структура чавуну. Основні теорії графітизації	4	2	2	
19	Структура і властивості спеціальних чавунів	2	2		
20	Леговані сталі і чавуни. Взаємодія легуючих елементів із залізом і вуглецем	2	2		
21	Вплив легуючих елементів на основні перетворення в залізовуглецевих сплавах. Маркування легованих сталей	10	2	4	4
22	Сплави на основі міді	4	2	2	
23	Сплави на основі алюмінію	2	2		
24	Сплави на основі олова, свинцю і титану	2	2		
Усього		104	52	36	16
6 семестр					
25	Процеси, що відбуваються в сталі при повільному нагріванні. Утворення аустеніту	2	2		

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6
26	Зерно в сталі. Вплив величини зерна аустеніту на механічні і технологічні властивості сталі	6	2	4	
27	Перетворення, що відбуваються в сталі при повільному охолодженні. Механізм і кінетика розпаду переохолодженого аустеніту	4	2	2	
28	Мартенситне перетворення в сталях	2	2		
29	Механізм і кінетика проміжного (бейнітного) перетворення. Перетворення, що відбуваються в сталі при безперевному охолодженні	2	2		
30	Технологія термічної обробки сталі і чавуну. Технологія відпалу, види і призначення. Первинна і вторинна термообробка	4	2	2	
31	Нормалізація сталі. Економічна ефективність застосування нормалізації	4	2	2	
32	Загартування сталі. Вибір параметрів технології. Різновиди загартування	4	2	2	
33	Технологія відпуску. Відпускна крихкість. Теорія перетворень	2	2		
34	Поверхневі методи загартування	2	2		
35	Загальні закономірності хіміко-термічної обробки сталі. Технологія цементації	4	2	2	
36	Технологія азотування і ціанування	2	2		

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6
37	Склад, термічна обробка і властивості конструкційних сталей	4	2	2	
38	Склад, термічна обробка і властивості інструментальних сталей. Термічна обробка виливків із сірого чавуну	4	2	2	
39	Природа рентгенівських променів. Рентгенівська апаратура	4	2	2	
40	Безупинний і характеристичний рентгенівський спектр. Рівняння дифракції	4	2	2	
41	Поглинання рентгенівських променів. Рентгенівська і γ -дефектоскопія	4	2	2	
42	Методи рентгеноструктурного аналізу. Метод Дебая	4	2	2	
43	Інтенсивність рентгенівських променів. Фактори, що на неї впливають	4	2	2	
44	Фазовий рентгенівський аналіз. Визначення макро- і мікронапружень	4	2	2	
Усього		70	40	30	
Разом		174	92	66	16

2.2 Зміст тем, що рекомендуються літературою

Тема 1. Вступ. Задачі металознавства. Основні методи дослідження металів. Проблеми охорони навколишнього середовища

Задачі України щодо розвитку машинобудування і металургії, підвищення якості виробів і ефективності виробництва. Предмет «Металознавство» і його зв'язок зі спеціальними дисциплінами. Значення металознавства в сучасному машинобудуванні.

Метали і методи їхнього дослідження (макро-, мікро- і рентгенівський методи, механічні випробування).

Екологічні аспекти: охорона навколишнього середовища і її проблеми, безвідходна й екологічно чиста технології. Види шкідливостей, зв'язаних з термообробкою.

Література [1, с.9-18; 4, с.9-21]

Тема 2. Метали і їхні властивості. Атомно-кристалічна будова металів

Електронна структура ізольованих атомів. Особливості будови атомів металів. Іонізаційний потенціал. Сутність металевого стану речовини.

Кристалічна будова металів. Види елементарних осередків металів: об'ємно центрована кубічна, гранецентрована кубічна, гексагональна і тетрагональна кристалічні ґрати. Кристалічна будова металів як відображення законів діалектичного переходу кількісних змін у якісні (взаємодія сил притягання і відштовхування, стрибкоподібна зміна властивостей у результаті поліморфних перетворень).

Характеристики елементарних осередків: параметр, координаційне число, базис. Кристалографічне позначення атомних площин.

Література [1, с.18-26; 2, с.10-23; 3, с. 11-27]

Тема 3. Особливості будови реальних кристалів. Теорія дислокацій

Недосконалості кристалічної будови. Фактори, що обумовлюють наявність у металах недосконалостей. Точкові, лінійні і поверхневі недосконалості. Лінійні дислокації. Вектор Бюргерса. Взаємодія дислокацій. Природа границь зерен, блоки. Внутрішні напруження і їхня класифікація за М.М. Давиденковим. Методи визначення внутрішніх напружень. Вплив дефектів на міцність.

Дислокаційна теорія як результат поглиблення людського пізнання. Роботи І.А. Одінга, В.С. Іванової. Анізотропія і поліморфізм металів.

Література [1, с.26-37; 2, с.18-30; 3, с.27-35; 4, с.29-35]

Тема 4. Плавлення і кристалізація металів

Будова металевих розплавів. Фазові флуктуації і їхній розподіл. Поняття про вільну енергію. Термодинамічні основи плавлення й отвердіння, тепловий гістерезис, криві охолодження. Механізм кристалізації металів. Мимовільне зародження кристалів твердої фази. Зміна запасу вільної енергії при температурах вище і нижче критич-

ної. Поняття про зародок критичної величини. Фактори, що обумовлюють розмір зародка. Модифікування. Вплив домішок і стінок форми на зародження центрів кристалізації. Активні домішки. Принцип структурної і розмірної відповідності (принцип В.І. Данкова). Механізм росту зародків, двомірні зародки, паузи росту, криві Таммана. Форма кристалів у залежності від умов охолодження, правило Гіббса-Кюри-Вульфа. Дендрити. Плавлення і отвердіння як відображення закону кількісно-якісних змін.

Будова металевих злитків, литих деталей.

Література [1, с.38-54; 2, с.31-59; 3, с.42-54]

Тема 5. Механічні і фізичні властивості металів. Механічні властивості, обумовлені при статичних навантаженнях

Сутність і класифікація фізико-механічних характеристик. Роль фізико-механічних характеристик у підвищенні якості виливків. Основні напрямки використання фізико-механічних характеристик у ливарному виробництві. Класифікація механічних властивостей у залежності від умов і характеру навантажень. Взаємозв'язок і взаємодія наук як відображення матеріальної єдності світу.

Поводження металів під навантаженням і механічні характеристики. Коефіцієнт твердості випробувань. Практична класифікація механічних характеристик.

Випробування металів на розтягання.

Здавальні випробування для основних груп виробів, що одержують у ливарному виробництві.

Випробування металів на стискання, вигин, крутіння. Методи визначення твердості.

Література [7, с.7-23, 146-229, 245-262]

Тема 6. Фізична природа механічних властивостей

Діаграми істинних напружень. Зв'язок між характеристиками міцності, пластичності і в'язкості. Фізична природа показників механічних властивостей. Напружений стан. Методи вивчення напруженого стану. Способи описання деформованого стану. Процес руйнування. Класифікація типів руйнування і їхня роль у виробництві виливків.

Література [7, с.45-82]

Тема 7. Механічні властивості, обумовлені при динамічних і знакоперемінних навантаженнях

Динамічні випробування, визначення ударної в'язкості, види зразків за ДСТом. Методика випробувань. Фізична природа ударної в'язкості, робота зародження і робота поширення тріщини. Методи їхнього визначення.

Втомленість металів. Фактори, що впливають на опір втомленості. Випробування металів на витривалість. Криві втомленості, діаграми втомленості. Механізм втомленого руйнування. Утворення і поширення тріщин стомлення. Фактори, що впливають на опір втомленості. Методологічні проблеми вчення про втомлену міцність металів у світлі проблеми вибору теорії.

Різноманіття підходів до вивчення явищ втомленості як відображення явища в його різноманітті і взаємодії.

Література [7, с.231-245, 298-348]

Тема 8. Крихке і в'язке руйнування. Елементи механіки руйнування. Фрактографія

Процес руйнування як процес утворення і росту тріщин. Концентрація напружень. Крихке і в'язке руйнування. Теорія Гріфітса. Методи оцінки схильності металів до руйнування.

Визначення схильності до крихкого руйнування. Критерії крихкої міцності: в'язкість руйнування K_{Ic} , коефіцієнт інтенсивності напружень, рівняння Періса.

Література [7, с.105-146]

Тема 9. Структурні зміни в металах при деформуванні

Поводження металів при пружній і пластичній деформаціях, механізм ковзання і двойникування. Джерело дислокацій Франка-Ріда. Особливості пластичної деформації полікристалів. Фізична природа зміцнення при наклепі. Вплив пластичної деформації на структуру і властивості металів. Понадпластичність металів. Теоретична міцність. Схема І.А.Одінга.

Література [1, с.54-63, 76-78; 2, с.120-135; 4, с.52-62]

Тема 10. Поводження деформованого металу при нагріванні, зворот і рекристалізація

Енергетичний стан наклепаного металу. Шляхи зменшення запасу вільної енергії. Спочинок і полігонізація, механізм процесів. Роботи А.А. Бочвара. Рекристалізація, поріг рекристалізації, збірна рекриста-

лізація. Діаграми рекристалізації. Гаряча і холодна обробка металів тиском.

Література [1, с.78-88; 2, с.136-141; 4, с.63-69]

Тема 11. Основи теорії сплавів. Сплави і їхня характеристика. Класифікація фаз

Поняття: сплав, компонент, фаза. Класифікація фаз у подвійних системах: тверді розчини, їхня будова, види твердих розчинів (заміщення, впровадження, вирахування, обмежені і необмежені). Хімічні сполуки, відмінність їх від твердих розчинів. Механічні суміші. Проміжні з'єднання: упорядковані тверді розчини, електронні з'єднання. Фази впровадження. Класифікація проміжних з'єднань за М.С. Курнаковим.

Література [1, с.88-100; 3, с.97-108; 4, с.97-109]

Тема 12. Діаграми стану двокомпонентних систем

Термодинамічний опис фазової рівноваги. Побудова діаграм стану. Аналіз діаграм стану, компоненти яких володіють повною взаємною розчинністю у твердому і рідкому станах. Ліквіація. Зонна плавка. Аналіз діаграм стану, компоненти яких цілком не розчинні у твердому стані. Евтектична кристалізація за А.А.Бочваром. Діаграма стану з обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані: евтектична і перитектична кристалізації. Діаграма стану з хімічними сполуками: стійкими і нестійкими. Аналіз діаграми стану компонентів, що зазнають поліморфних перетворень, евтектоїдні перетворення. Відхилення від фазової рівноваги в реальних сплавах. Залежність властивостей сплавів від характеру діаграми стану (закон М.С.Курнакова).

Література [1, с.100-128; 3, с.112-144]

Тема 13. Діаграми стану трикомпонентних систем

Побудова діаграми стану трикомпонентних систем. Концентраційний трикутник. Методи визначення хімічного складу за концентраційним трикутником: метод перпендикулярів, рівнобіжних сторін, метод Геллера. Аналіз діаграми стану трикомпонентних систем, компоненти яких мають взаємну розчинність у твердому і рідкому станах. Ізотермічні перетини. Аналіз діаграми стану трикомпонентних систем, компоненти яких мають повну розчинність у рідкому стані і повну нерозчинність у твердому. Аналіз перетворень по концентраційному трикутнику. Процеси структуроутворення.

Література [1, с.128-140; 3, с.144-157]

Тема 14. Фазові перетворення в сплавах у твердому стані

Дифузія, закони дифузії. Механізм дифузії, роль вакансій. Фактори, що впливають на дифузію. Грануляція, гомогенізація і ріст зерен у твердих розчинах. Види перетворень у твердому стані. Поліморфні перетворення в подвійних сплавах, механізм поліморфних перетворень (дифузійний і мартенситний). Розпад пересичених розчинів. Теорія старіння за С.Т. Конобеєвським. Коалесценція і сфероїдизація надлишкових фаз. Вплив старіння на механічні і фізичні властивості сплавів. Евтектоїдне і перитектоїдне перетворення в подвійних сплавах. Фізичні і технологічні властивості подвійних сплавів з нерівноважним складом і структурою.

Література [2, с.161-174]

Тема 15. Діаграма фазової рівноваги залізовуглецевих сплавів

Властивості заліза: поліморфізм, відношення до вуглецю. Властивості вуглецю, графіт і цементит. Загальний огляд фазової діаграми стану залізовуглецевих сплавів. Положення критичних точок. Будова основних фаз. Перетворення в залізовуглецевих сплавах, що відбуваються при постійній температурі. Перитектичне перетворення, його механізм, продукти перетворення. Евтектичне перетворення, ледебурит і його властивості. Чавуни евтектичні, до- і заевтектичні, їхня структура і властивості. Евтектоїдні перетворення, перліт і його властивості. До- і заевтектоїдні сталі. Позначення критичних точок сталі.

Література [23, с.159-179]

Тема 16. Вуглецеві сталі, їхній склад. Властивості литої сталі

. Вуглецеві сталі, їхній склад, вплив домішок. Структура литої сталі: макро- і мікроструктура, дендрити. Хімічна неоднорідність литої сталі – дендритна і зональна ліквідація, неметалічні включення, газові і підкоркові міхури, випадкові домішки, фізична неоднорідність, усадочні раковини, пористість, тріщини. Властивості литої сталі.

Література [2, с.226-238; 3, с.181-195]

Тема 17. Властивості гарячедеформованої сталі. Класифікація і маркування вуглецевих сталей

Будова деформованої сталі, вплив обробки тиском на структуру і властивості, температурний інтервал ОМТ. Дефекти деформованої

сталі: волокниста будова, шиферний злам, смугастість, рядковість, волосовини, тріщини, флокени. Вуглецеві сталі, їхня класифікація за якістю, призначенням, способом розкислення. Маркірування сталей. Сталі звичайної якості (група А, Б, В), якісні з нормальним і підвищеним вмістом марганцю, лита сталь. Властивості литої, деформованої і рекристалізованої сталі.

Роль підвищення якості сталей і розробки нових сталей у розвитку машинобудування і зниження металоємності машин. Застосування на ЗАТ НКМЗ вакуумування сталі, ЕШП. Використання продувки інертними газами і порошками сталі на СКМЗ. Роботи кафедри металознавства ДДМА по підвищенню якості сталі.

Література [4, с.183-191]

Тема 18. Структура чавуна. Основні теорії графітизації

Структура білих чавунів, умови їхнього одержання, властивості й область застосування. Сірі чавуни. Стабільна діаграма стану залізовуглецевих сплавів. Основні теорії графітизації, стадії графітизації, вплив С, Si, Mn, S, P. Енергетичні умови утворення графіту і цементиту. Структура сірих чавунів: вплив графіту на властивості чавуна. Основні фактори, що визначають розміри, форму і кількість графіту: домішки, швидкість охолодження, перегрівання.

Література [2, с.210-222, 236-241; 4, с.192-205]

Тема 19. Структура і властивості спеціальних чавунів

Металева основа сірих чавунів: феритна, ферито-перлітна, перлітна. Одержання спеціальних чавунів. Модифікований, високоміцний, сталистий і ковкий чавуни. Технологія їхнього одержання, властивості. Вибілений чавун. Маркірування чавунів за ДСТом.

Література [3, с.216-222; 4, с.205-210]

Тема 20. Леговані сталі і чавуни. Взаємодія легуючих елементів із залізом і вуглецем

Структура легованих сталей і чавунів. Вимоги, пред'явлені народним господарством щодо розвитку виробництва легованої сталі. Розподіл легуючих елементів, вплив легуючих елементів на поліморфізм заліза. Феритні й аустенітні сталі. Вплив легуючих елементів на карбідну фазу, закон карбідоутворення, види карбідів і їх властивості.

Література [3, с.341-355]

Тема 21. Вплив легуючих елементів на основні перетворення в залізовуглецевих сплавах. Маркірування легованих сталей

Вплив легуючих елементів на основні перетворення в сталях – дифузійні і бездифузійні. Структурні класи легованих сталей, класифікація легованих сталей у рівноважному і метастабільному станах. Маркування легованих сталей.

Література [3, с.355-364, 406-425]

Тема 22. Сплави на основі міді

Мідь і її властивості. Сплави міді, вплив домішок, маркування міді. Сплави міді з цинком. Загальний огляд діаграми стану «мідь – цинк», атомно-кристалічна будова фаз. Вплив цинку на структуру і властивості сплавів. Однофазні і двофазні латуні. Маркування і застосування латуней. Підшипникові сплави. Вимоги, що пред'являються до них. Роботи А.А.Бочвара. Сплави міді з оловом. Загальний огляд діаграми стану системи «мідь – олово». Структура і властивості фаз, що утворюються в системі. Маркірування бронз. Олов'яністі бронзи і їхньої властивості. Безолов'яністі бронзи: алюмінієві, кремєністі, берилієві, свинцеві, їхній склад, властивості, область застосування. Металокерамічні й антифрикційні сплави.

Література [4, с.426-443]

Тема 23. Сплави на основі алюмінію

Алюміній і його властивості, вплив домішок, маркування. Класифікація сплавів на основі алюмінію, ливарні і такі, що деформуються, зміцнюються і не зміцнюються термообробкою. Діаграми стану алюмінію з кремнієм. Ливарні сплави – силуміни, технологія модифікування. Маркування силумінів. Алюмінієві сплави, що деформуються. Сплави з магнієм і марганцем, що не зміцнюються, позначення цих сплавів. Дуралюмін, його термообробка. Плакування. Високоміцні і жароміцні алюмінієві сплави. Магнієві сплави.

Література [4, с.444-458]

Тема 24. Сплави на основі олова, свинцю і титану

Свинець і олово. Вплив домішок на властивості цих металів. Застосування свинцю й олова. Легкоплавкі підшипникові сплави – бабіти. Олов'яністі і безолов'яністі бабіти. Бабіти на основі цинку й алюмінію. Припої, м'які і тверді. Олов'яно-свинцевисті припої. Тверді припої, срібні припої, цинко-алюмінієві підшипникові сплави. Сплави

на основі титану. Сплави для ядерної техніки. Титан і його сплави. Поліморфізм титану. Вплив домішок (азоту, вуглецю, кисню і водню) на властивості титану. α - і β - стабілізатори. Діаграма стану титана з алюмінієм, оловом, цинком, молібденом, ванадієм, марганцем і залізом. Властивості титанових сплавів. Тверді сплави: литі і металокерамічні. Інші сплави (прецизійні сплави, напівпровідникові матеріали, сплави для ядерної техніки).

Література [4, с.463-467, 3, с.556-562, 618-628]

Тема 25. Процеси, що відбуваються в сталі при повільному нагріванні. Утворення аустеніту

Основні елементи технології термообробки: нагрівання, витримка, охолодження. Зв'язок технології термообробки з діаграмою стану залізобуглецевих сплавів.

Перетворення ферито-перлітної суміші в аустеніт і кінетика процесу. Зародження і ріст зерна аустеніту при нагріванні. Гомогенізація аустеніту. Перетворення перліту при безупинному нагріванні.

Література [5, с.7-26; 6, с.100-136]

Тема 26. Зерно в сталі. Вплив величини зерна аустеніту на механічні і технологічні властивості сталі

Зерно аустеніту, основні визначення: спадково дрібно- і грубозернисті сталі. Фізична причина схильності зерна аустеніту до росту. Способи визначення величини зерна за ДСТом. Вплив хімічного складу, способу виплавки на схильність зерна аустеніту до росту. Перегрів і перевідпал. Вплив величини зерна на технологічні і механічні властивості. Дійсне зерно сталі.

Література [3, с.47-54, 237-243]

Тема 27. Перетворення, що відбуваються в сталі при повільному охолодженні. Механізм і кінетика розпаду переохолодженого аустеніту

Загальна теорія переохолодженого аустеніту, вплив ступеня переохолодження. Кінетика і механізм перетворення переохолодженого аустеніту в перлітній і проміжній ділянках. Діаграма ізотермічного розпаду переохолодженого аустеніту, її побудова, теоретична і практична значимість. Структура продуктів перетворення і властивості. Фактори, що впливають на механізм і кінетику розпаду переохолодженого аустеніту.

Література [6, с.135-146]

Тема 28. Мартенситне перетворення в сталях

Загальна теорія перетворення. Роботи Г.В. Курдюмова. Структура і властивості мартенситу. Механізм перетворення аустеніту в мартенсит. Природа мартенситу. Кінетика перетворення аустеніту в мартенсит. Мартенситна діаграма, залишковий аустеніт. Стабілізація залишкового аустеніту. Вплив умов охолодження на перетворення аустеніту в мартенсит.

Література [6, с.181-227]

Тема 29. Механізм і кінетика проміжного (бейнітного) перетворення. Перетворення, що відбуваються в сталі при безупинному охолодженні

Проміжне (бейнітне) перетворення. Природа бейніта. Механізм бейнітного перетворення. Механічні властивості сталі з бейнітною структурою. Вплив легуючих елементів на ізотермічне перетворення аустеніту.

Перетворення аустеніту при безупинному охолодженні. Вплив швидкості безупинного охолодження на критичні точки, структуру і властивості сталі. Критична швидкість охолодження. Вплив складу сталі і технологічних факторів на критичну швидкість охолодження. Розрахунково-графічне визначення критичної швидкості загартування. Термокінетичні діаграми перетворення аустеніту, їхнє практичне значення при термообробці виливків.

Література [5, с.76-88]

Тема 30. Технологія термічної обробки сталі і чавуну. Технологія відпалу, види і призначення. Первинна і вторинна термообробка

Види і мета відпалу. Відпал першого роду: принципи вибору основних параметрів технології. Класифікація сталі за флокеночутливістю. Повний відпал сталі, призначення, режими. Неповний відпал сталі, призначення, режими. Ізотермічний відпал сталі, призначення, режими. Гомогенізуючий відпал сталей, призначення, режими. Світлий відпал. Режими відпалу крупних поковок. Відпал сталевого лиття. Низькотемпературний відпал. Відпал на зернистий перліт. Відпал холоднодеформованої сталі. Вплив відпалу на структуру і механічні властивості гарячodeформованої сталі.

Література [6, с.27-92, 146-156]

Тема 31. Нормалізація сталі, економічна ефективність застосування нормалізації

Визначення операції нормалізації. Фактори, що впливають на результати нормалізації сталі. Вплив нормалізації на структуру і механічні властивості сталі, порівняння нормалізації з відпалом, економічна ефективність застосування нормалізації.

Устаткування для відпалу і нормалізації. Окислювання й обезвуглецювання сталі. Захисні атмосфери, безокисне нагрівання, дефекти, що виникають при відпалі і нормалізації (обезвуглецювання, перегрів, перевідпал, короблення).

Література [5, с.291-294]

Тема 32. Загартування сталі. Вибір параметрів технології. Різновидності загартування.

Визначення операції загартування. Фактори, що визначають результати загартування. Швидкість і температура нагрівання під загартування. Швидкість охолодження і характеристика охолоджуючих середовищ, поняття про ідеальний охолоджувач. Деформація сталі при загартуванні.

Прогартованість і загартованість сталі. Методи визначення прогартованості сталі. Вплив прогартованості на структуру і властивості сталі, схема А.П. Гуляєва.

Поняття про оптимальний спосіб загартування, вплив складу і форми деталей. Технологія й область застосування: загартування в одному охолоджувачі, загартування в двох середовищах, струйчате загартування, загартування із самовідпуском, ступінчастого загартування, ізотермічного загартування. Поняття й область застосування бездеформаційного загартування. Загартування на стабільні розміри. Обробка холодом. Особливості загартування литої сталі.

Література [4, с.262-272, 279-283; 6, с.239-243]

Тема 33. Технологія відпуску. Відпускна крихкість. Теорія перетворень

Визначення операції відпуску сталі. Теорія відпуску сталі. Вплив температури відпуску на структуру і механічні властивості загартованої сталі. Термічне поліпшення. Крихкість сталі при відпуску. Оборотно і необоротна крихкість.

Старіння сплавів на основі заліза. Теорія старіння. Установлення режиму відпуску. Устаткування для нагрівання під загартування і відпуск сталі. Дефекти, що виникають при загартуванні і відпуску.

Використання досягнення від загального до приватного як процесу пізнання при призначенні конкретних видів термічної обробки (на підставі загальних закономірностей фазових перетворень виводяться приватні технологічні прийоми обробки). На прикладі термічного поліпшення показати чинність закону заперечення (у результаті загартування пластичність, ударна в'язкість різко понизилися, у результаті відпуску - підвищилися, але на більш високому рівні при одночасному підвищенні міцності, пластичності і в'язкості, тобто всього комплексу властивостей). Роботи кафедри металознавства ДДМА з цієї теми.

Література [6, с.306-333]

Тема 34. Поверхневі методи загартування

Сутність і призначення поверхневого загартування, класифікація методів. Поверхневе загартування при нагріванні у свинцевих ваннах. Полум'яне поверхневе загартування. Поверхневе загартування при нагріванні в електроліті. Контактне нагрівання. Загартування при нагріванні струмами високої частоти. Способи індукційного нагрівання під загартування. Параметри індукційного нагрівання для цілей термічної обробки. Вплив параметрів індукційного нагрівання на структуру і механічні властивості загартованої сталі. Напруження в поверхово загартованій сталі. Опір втомленості. Діаграми допустимих і переважних режимів при високочастотному нагріванні під загартування. Поверхневе загартування при газополум'яному і лазерному нагріванні. Переваги і недоліки.

Література [5, с.293-323; 10, с.252-261]

Тема 35. Загальні закономірності хіміко-термічної обробки сталі. Технологія цементації

Визначення операції хіміко-термічної обробки сталі. Загальні закономірності дифузійних процесів, теорія явищ. Будова дифузійного шару в зв'язку з діаграмою стану.

Цементация сталі. Вплив температури, тривалості цементації і вмісту в сталі легуючих елементів на результати цементації. Сталь для цементації. Тверді, рідкі і газоподібні карбюризатори. Практика проведення цементації. Устаткування, що застосовується.

Термічна обробка цементованих виробів. Структура і властивості цементованої сталі, область застосування цементациї.

Література [4, с.307-320; 6, с.361-382]

Тема 36. Хімізм процесу азотування

Властивості азотованого шару. Сталі для азотування. Антикорозійне азотування. Азотування легованої сталі з метою поверхневого зміцнення. Режими азотування і устаткування, що застосовується. Порівняння азотування і цементації як двох методів хіміко-термічної обробки. Галузі застосування азотування.

Ціанування сталі. Структура і властивості ціанованої сталі. Низькотемпературне ціанування в рідких, газових і твердих середовищах. Ціанування інструментальних сталей. Техніка безпеки. Борирування. Дифузійна металізація. Сульфіджування сталі і чавуну.

Література [4, с.320-330]

Тема 37. Склад, термічна обробка і властивості конструкційних сталей

Вимоги, що пред'являються до конструкційних сталей. Природа міцності конструкційної сталі. Конструкційна міцність. Зв'язок між міцністю і запасом в'язкості. Вплив хімічного складу на механічні властивості сталі після низько- і високотемпературного відпуску.

Сталі, які цементуються, і конструкційні сталі, що поліпшуються. Вуглецеві конструкційні сталі, їхній склад, властивості, термічна обробка. Особливості термічної обробки литих сталей, в тому числі хромистих, хромо-нікелевих, хромо-нікель-молібденових і інших конструкційних сталей. Термічна обробка ресорно-пружинної сталі. Дефекти легованих сталей, флокени і міри боротьби. Жароміцні і жаростійкі сплави.

Література [3, с.364-411]

Тема 38. Склад, термічна обробка і властивості інструментальних сталей. Термічна обробка виливків із сірого чавуну. Одержання ковкого чавуну

Вимоги, що пред'являються до інструментальних сталей. Склад, термічна обробка, властивості вуглецевої і легованої інструментальної сталі. Литі сталі. Штампові сталі для деформування металу в холодному стані і для деформування в гарячому стані, для кокілів і іншого ливарного оснащення. Умови роботи сталі. Красностійкість, термостійкість, в'язкість, прогартованість, відпускна крихкість, злипаємість сталей для «гарячих» штамів. Застосування сталі, практика термічної обробки. Сталі для прес-форм лиття під тиском, вимоги до них, термообробка. Вибір сталей для прес-форм різного призначення.

Тверді сплави – литі і металокерамічні. Металокерамічні тверді сплави на основі карбідів вольфраму і титану, їхня будова і властивості. Литі тверді сплави, їхній склад, структура, властивості і призначення.

Термічна обробка виливків із сірого чавуну з метою зниження твердості і зменшення залишкових напружень. Старіння природне і штучне. Загартування і відпуск чавуну. Порівняння ефективності термічної обробки чавуну і сталі.

Одержання ковкого чавуну. Термічна обробка спеціального чавуну.

Література [3, с.411-448; 6, с.156-165]

Тема 39. Природа рентгенівських променів. Природа γ -променів. Способи їхнього одержання

Будова рентгенівської трубки. Принципова будова рентгенівської установки. Сучасна переносна рентгенівська і γ -апаратура.

Література [8, с.140-147]

Тема 40. Спектри рентгенівських променів. Механізм виникнення безупинного спектра. Його закономірності й особливості. Механізм утворення характеристичного спектра. Його особливості. Дифракція рентгенівських променів. Рівняння Вульфа - Брегга.

Література [8, с.186-195]

Тема 41. Закон поглинання рентгенівських променів. Масовий коефіцієнт ослаблення. Сутність рентгенівської і γ -дефектоскопії. Фактори, що визначають якість рентгенівського знімка. Просвічування виливків. Основні види дефектів у виливках.

Література [8, с.147-153]

Тема 42. Методи рентгеноструктурного аналізу. Метод Лауе. Метод обертового кристала. Метод Дебая. Розшифровка дебаєграм. Визначення параметра кристалічних ґрат. Шляхи підвищення точності методу.

Література [8, с.218-239]

Тема 43. Інтенсивність рентгенівських променів. Фактори, що її визначають. Структурний фактор. Його значення для об'ємно-центрованих і ґранецентрованих ґрат. Фактор повторюваності.

Література [8, с.186-195]

Тема 44. Фазовий рентгенівський аналіз. Основні методи якісних і кількісних визначень фаз у речовині. Достоїнства і недоліки аналізу. Рентгенівський фазовий аналіз відпаленої і загартованої сталі. Визначення макронапружень рентгенівським методом. Сутність методів визначення мікронапружень і розмірів блоків.

Література [8, с.275-281; с.406-418]

2.3 Список основної і додаткової літератури

Основна

- 1 Гуляев А.П. Metalловедение. – М.: Metalлургия, 1986. – 541 с.
- 2 Бунин К.П., Баранов А.А. Metalлография. – М.: Metalлургия, 1970. – 254 с.
- 3 Гуляев А.П. Metalловедение. – М.: Metalлургия, 1978. – 647 с.
- 4 Лахтин Ю.М. Metalловедение и термическая обработка. – М.: Metalлургия, 1983. – 471 с.
- 5 Гуляев А.П. Термическая обработка стали. – М.: Mashгиз, 1960. – 495 с.
- 6 Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. – М.: Metalлургия, 1978. – 392 с.
- 7 Золотаревский В.С. Механические свойства металлов. – М.: Metalлургия, 1983. – 350 с.
- 8 Уманский Я.С., Соколов Ю.А. Рентгенография, кристаллография и электромикроскопия. – М.: Metalлургия, 1982. – 632 с.

Додаткова

- 9 Бунин К.П., Малиночка Я.Н. Введение в металлографию. – М.: Metalлургиздат, 1954. – 191 с.
- 10 Кащенко Г.А. Основы metalловедения. – М.: Metalлургиздат, 1950 – 615 с..
- 11 Metalловедение и термическая обработка: Справочник. В 3 т./Под ред. М.Л.Бернштейна. – М.: Metalлургиздат, 1983.
- 12 Натанов Б.С. Термическая обработка металлов. – Киев: Выща шк., 1980. – 288 с.

3 ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ПІДСУМКОВИХ КОНТРОЛІВ

П'ятий семестр

- 1 Основні закономірності, установлені металознавством. Роль вітчизняних вчених у розвитку металознавства.
- 2 Сутність і призначення мікроскопічного дослідження металів.
- 3 Сутність і призначення макроскопічного дослідження металів.
- 4 Сутність і призначення електронної мікроскопії.
- 5 Сутність і призначення фізичних методів дослідження металів.
- 6 Основні властивості металів, що відрізняють їх від неметалів.
- 7 Розподіл електронів в ізольованих атомах, енергетичні рівні і підрівні.
- 8 Енергія взаємодії між атомами в металах.
- 9 Фізична природа металевого зв'язку.
- 10 Основні характеристики елементарних осередків.
- 11 Характеристики елементарного осередку об'ємно центрованого куба.
- 12 Характеристики елементарного осередку гранецентрованого куба.
- 13 Характеристики гексагональних кристалічних ґрат.
- 14 Точкові недосконалості кристалічної будови, джерела виникнення.
- 15 Дислокації і їхні властивості. Крайові, гвинтові і змішані дислокації.
- 16 Анігіляція дислокацій.
- 17 Поверхневі недосконалості кристалічної будови. Границі зерен і блоків.
- 18 Анізотропія металів. Фактори, що обумовлюють анізотропію.
- 19 Позначення атомних площин металів.
- 20 Залишкові напруження, їх класифікація за Н.Н. Давиденковим, джерела виникнення.
- 21 Будова металевих розплавів, ближній і дальній порядок.
- 22 Енергетичні умови фазових перетворень (на прикладі кристалізації). Вільна енергія.
- 23 Механізм мимовільної (спонтанної) кристалізації.
- 24 Основні фактори, що впливають на розміри критичного зародка при кристалізації.
- 25 Ріст кристалів при кристалізації з рідини.
- 26 Принцип структурної і розмірної відповідності.

- 27 Кристалізація на домішках, механізм, особливості.
- 28 Модифікування сплавів, вплив на процеси кристалізації.
- 29 Будова металевих злитків і виливків.
- 30 Класифікація механічних властивостей металів.
- 31 Коефіцієнт твердості випробувань при статичних навантаженнях і його фізична сутність.
- 32 Випробування на розтягання. Форма і розміри зразків.
- 33 Діаграми істинних напружень, їх побудова, теоретична і практична значимість.
- 34 Фізична сутність параметрів механічних властивостей, обумовлених при випробуваннях на розтягання.
- 35 Взаємозв'язок між характеристиками міцності і пластичності.
- 36 Випробування на стиск і на вигин.
- 37 Визначення твердості вдавленням сталеві кульки (за Брінеллем).
- 38 Визначення твердості вдавленням алмазного конуса чи сталеві кульки (за Роквеллом).
- 39 Визначення твердості вдавленням алмазної піраміди (за Вікерсом).
- 40 Визначення твердості переносними приладами.
- 41 Випробування металів на ударну в'язкість.
- 42 Визначення границі витривалості.
- 43 Криві втомленості і їх характеристики.
- 44 Крихке і в'язке руйнування металів. Діаграма А.Ф.Іоффе.
- 45 Поріг холодноламкості, методи визначення.
- 46 Механізм крихкого руйнування. Умови крихкого руйнування.
- 47 Механізм в'язкого руйнування.
- 48 Теорія А. Гріффітса. Механіка руйнування.
- 49 Коефіцієнт інтенсивності напруження і його фізична сутність.
- 50 Коефіцієнт в'язкості руйнування і його фізична сутність.
- 51 Випробування металів на в'язкість руйнування.
- 52 Характеристика зразків для випробування на в'язкість руйнування.
- 53 Рівняння Періса і його експериментальне визначення.
- 54 Механізм пружної деформації.
- 55 Пластична деформація за механізмом ковзання.
- 56 Вплив холодної пластичної деформації на структуру і властивості металів.

- 57 Особливості пластичної деформації полікристалічних металів. Фактори, що обумовлюють перетворення в холоднодеформованому металі при навантаженні.
- 58 Механізм спочинку і полігонізації. Вплив процесів на властивості деформованого металу.
- 59 Рекристалізація при нагріванні холоднодеформованого металу, вплив на властивості.
- 60 Холодна і гаряча обробка тиском.
- 61 Визначення: сплави, система, компонент, фази. Правило фаз. Стабільний і метастабільний стан фаз.
- 62 Тверді розчини заміщення в металевих сплавах, види, атомно-кристалічна будова, властивості.
- 63 Умови утворення необмежених твердих розчинів.
- 64 Хімічні сполуки в металевих сплавах, їхня структура, властивості, особливості будови.
- 65 Електронні з'єднання, їхня атомно-кристалічна будова, властивості.
- 66 Упорядковані тверді розчини, їх атомно-кристалічна будова, властивості. Фази впровадження в металевих сплавах, їхня атомно-кристалічна будова.
- 67 Принцип побудови концентраційної осі діаграми стану двокомпонентної системи.
- 68 Сутність експериментального методу побудови діаграми стану.
- 69 Основні задачі, розв'язувані за допомогою діаграм стану.
- 70 Правило коноди і правило відрізків.
- 71 Аналіз діаграми стану компонентів, що володіють повною взаємною розчинністю у твердому і рідкому станах.
- 72 Аналіз перетворень у сплавах за діаграмою стану компонентів, що володіють повною нерозчинністю у твердому стані і повною розчинністю в рідкому.
- 73 Механізм евтектичної кристалізації в двокомпонентній системі.
- 74 Аналіз перетворень у сплавах за діаграмою стану компонентів, що володіють обмеженою розчинністю у твердому стані і що зазнають евтектичної кристалізації.
- 75 Механізм перитектичного перетворення в двокомпонентній системі.
- 76 Аналіз перетворень у сплавах за діаграмою стану компонентів, що утворюють хімічну сполуку.

- 77 Аналіз перетворень у сплавах за діаграмою стану компонентів, один із яких володіє поліморфізмом.
- 78 Аналіз перетворень у сплавах за діаграмою стану компонентів для випадку, коли обидва компоненти володіють поліморфізмом.
- 79 Закон М.С. Курнакова.
- 80 Основні властивості заліза і вуглецю як компонентів залізовуглецевих сплавів.
- 81 Властивості усіх фаз системи «залізо-цементит».
- 82 Сутність нонваріантних перетворень у системі «залізо-цементит».
- 83 Основні домішки вуглецевих сталей і їх вплив на структуру і властивості.
- 84 Структурна неоднорідність литої сталі.
- 85 Хімічна і фізична неоднорідності литих сталей.
- 86 Структура і властивості гарячочудовженої сталі.
- 87 Властивості сталей в залежності від способу розкислення.
- 88 Сталі звичайної якості, їх маркування і властивості.
- 89 Сталі якісні, вуглецеві, їхнє маркування, властивості.
- 90 Сталі для фасонного лиття, їх маркування і властивості.
- 91 Основні особливості стабільної діаграми стану залізовуглецевих сплавів.
- 92 Основні фактори, що впливають на графітизацію.
- 93 Види чавунів, їхня структура, властивості, застосування.
- 94 Маркування чавунів.
- 95 Взаємодія легуючих елементів із залізом.
- 96 Взаємодія легуючих елементів з вуглецем.
- 97 Нержавіючі сталі. Міжкристалітна корозія.
- 98 Жароміцні і жаростійкі сталі.
- 99 Класифікація легованих сталей.
- 100 Маркування легованих сталей.
- 101 Сплави на основі міді.
- 102 Сплави на основі свинцю.
- 103 Класифікація сплавів на основі алюмінію.
- 104 Ливарні алюмінієві сплави.
- 105 Сплави на основі алюмінію, що деформуються. Теорія старіння.
- 106 Антифрикційні сплави, вимоги, що пред'являються до них.
- 107 Тверді сплави.
- 108 Сплави на основі титану.
- 109 Сплави на основі магнію.

Шостий семестр

- 1 Сутність термообробки як технологічний спосіб зміни властивостей сплавів.
- 2 Роль і значимість термообробки у світлі вимог підвищення якості продукції, що випускається.
- 3 Роль і значимість термообробки сталі у справі економії металу, підвищення надійності деталей в експлуатації.
- 4 Основні параметри технології термообробки, графічне зображення технологічного процесу.
- 5 Зв'язок між видами термообробки і діаграмою стану.
- 6 Аналіз перетворень, що відбуваються в сталях при нагріванні.
- 7 Механізм утворення аустеніту при нагріванні.
- 8 Роль дифузії вуглецю і легуючих елементів в процесі утворення аустеніту.
- 9 Неоднорідність аустеніту в момент його утворення, природа неоднорідності.
- 10 Кінетичні криві утворення аустеніту, їх побудова.
- 11 Діаграма ізотермічного утворення аустеніту, їх побудова.
- 12 Вплив легуючих елементів на процеси ізотермічного утворення аустеніту.
- 13 Особливості утворення аустеніту при безупинному нагріванні.
- 14 Зерно в сталі, основні визначення.
- 15 Спадкоємна зернистість.
- 16 Методи визначення величини спадкоємного зерна.
- 17 Основні фактори, що визначають схильність зерна аустеніту до росту.
- 18 Вплив величини зерна на властивості сталі.
- 19 Фізична сутність перетворення аустеніту при охолодженні.
- 20 Теоретичний аналіз розпаду аустеніту при охолодженні, вплив різниці вільної енергії фаз і дифузії.
- 21 Кінетика розпаду аустеніту в ізотермічних умовах.
- 22 Діаграма ізотермічного розпаду переохолодженого аустеніту, її побудова.
- 23 Механізми перлітного перетворення. Перліт, сорбіт, троостит, їх будова і властивості.
- 24 Властивості мартенситу.
- 25 Механізм мартенситного перетворення.
- 26 Особливості мартенситного перетворення, що відрізняють його від інших перетворень у сталях.

- 27 Залишковий аустеніт, природа його утворення. Стабілізація залишкового аустеніту.
- 28 Обробка сталі холодом, фізична сутність, технологія.
- 29 Механізм і кінетика проміжного (бейнітного) перетворення в сталях.
- 30 Особливості діаграми ізотермічного перетворення аустеніту в до- і заевтектоїдних сталях.
- 31 Вплив легуючих елементів на діаграму ізотермічного розпаду переохолодженого аустеніту.
- 32 Перетворення аустеніту при безупинному охолодженні. Вплив швидкості безупинного охолодження на розпад переохолодженого аустеніту.
- 33 Термокінетичні діаграми розпаду переохолодженого аустеніту.
- 34 Призначення відпалу, види відпалу.
- 35 Технологія гомогенізуючого відпалу.
- 36 Технологія рекристалізаційного відпалу.
- 37 Технологія відпалу для зняття залишкових напружень. Релаксація.
- 38 Технологія відпалу гарячODEформованої сталі.
- 39 Особливості відпалу флокеночутливих сталей.
- 40 Технологія відпалу сталевого лиття.
- 41 Технологія сфероїдизуючого відпалу.
- 42 Ізотермічний відпал.
- 43 Відпал зварених конструкцій.
- 44 Нормалізація сталі.
- 45 Економічна доцільність нормалізації.
- 46 Дефекти, що виникають при відпалі і нормалізації, заходи усунення.
- 47 Загартування сталі, призначення, особливості технології.
- 48 Вибір температури нагрівання для загартування сталі.
- 49 Способи нагрівання заготовок при загартуванні.
- 50 Вибір швидкості охолодження при загартуванні. Поняття про ідеальний охолоджувач.
- 51 Критична швидкість загартування. Фактори, що впливають на її величину.
- 52 Загартованість і прогартованість сталі.
- 53 Характеристика основних середовищ для гартування.
- 54 Критерії прогартованості.
- 55 Способи визначення прогартованості.
- 56 Крива і пряма прогартованості, фізична сутність понять.
- 57 Основні фактори, що впливають на прогартованість.
- 58 Технологія загартування в одному охолоджувачі.

- 59 Загартування в двох середовищах.
- 60 Ізотермічне загартування.
- 61 Ступінчасте загартування.
- 62 Технологічна сутність патентування.
- 63 Фізична сутність першого перетворення при відпуску.
- 64 Фізична сутність другого перетворення при відпуску.
- 65 Фізична сутність третього перетворення при відпуску.
- 66 Фізична сутність четвертого перетворення при відпуску.
- 67 Вплив відпуску на механічні властивості загартованої сталі.
- 68 Відпускна крихкість I і II роду.
- 69 Види відпуску, технологія і призначення.
- 70 Вплив прогартованості на конструкційну міцність загартованої і високовідпущеної сталі.
- 71 Сутність і призначення поверхневого загартування, особливості сталей, що застосовуються.
- 72 Поверхневе загартування з нагрівом газокисневим полум'ям.
- 73 Поверхневе загартування з нагрівом індукційним способом.
- 74 Способи індукційного загартування.
- 75 Достоїнства і недоліки поверхневого загартування з індукційного нагрівання.
- 76 Особливості поверхневого загартування з нагрівом у свинцевих ваннах і лазером.
- 77 Основні фізичні процеси, що відбуваються при хіміко-термічній обробці.
- 78 Технологія цементації у твердому карбюризаторі.
- 79 Технологія газової цементації.
- 80 Термічна обробка цементованих виробів.
- 81 Технологія азотування, особливості сталей для азотування.
- 82 Способи контролю глибини цементації й азотування.
- 83 Сутність ціанування.
- 84 Технологія нітроцементації.
- 85 Природа рентгенівських променів, їх особливості і властивості.
- 86 Механізм виникнення безупинного спектра.
- 87 Механізм виникнення характеристичного спектра.
- 88 Закон поглинання рентгенівських променів.
- 89 Фактори, що впливають на якість рентгенівського знімка.
- 90 Сутність рентгенівської дефектоскопії. Її достоїнства і недоліки.
- 91 Сутність γ - дефектоскопії. Її достоїнства і недоліки.
- 92 Закон дифракції рентгенівських променів.

- 93 Сутність методу Лауе. Галузь застосування.
- 94 Сутність методу обертового кристала. Галузь застосування.
- 95 Сутність методу Дебая. Галузь застосування.
- 96 Фактори, що впливають на інтенсивність рентгенівської лінії.
Структурний фактор.
- 97 Значення структурного фактора для ОЦК і ГЦК. Правила індиціювання рентгенограм від речовин з кубічними ґратами.
- 98 Фазовий якісний рентгенівський аналіз. Приклади.
- 99 Фазовий кількісний рентгенівський аналіз. Приклади.
- 100 Сутність рентгенівського методу визначення макронапружень.
- 101 Сутність рентгенівського методу визначення мікроперекручувань кристалічних ґрат і розмірів блоків.
- 102 Основні види дефектів, що виявляються у виливках методами рентгенівської і гамма-дефектоскопії.
- 103 Основні напрямки практичного використання методів рентгеноструктурного аналізу.

4 ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

4.1 Завдання 1

РГР 1.1 Атомно-кристалічна будова металів

Для металу, заданого в індивідуальному завданні (таблиця 4.1):

- а) охарактеризувати його кристалічні ґрати;
- б) побудувати криві нагрівання й охолодження;
- в) записати формулу розподілу електронів в ізольованому атомі.

Таблиця 4.1

№ варі- анта	Метал	№ варі- анта	Метал	№ варі- анта	Метал
1	2	3	4	5	6
1	Берилій	18	Олово	35	Барій
2	Магній	19	Тантал	36	Церій
3	Алюміній	20	Вольфрам	37	Реній
4	Титан	21	Осмій	38	Осмій
5	Ванадій	22	Іридій	39	Іридій
6	Хром	23	Платина	40	Алюміній
7	Марганець	24	Золото	41	Цинк
8	Залізо	25	Ртуть	42	Мідь
9	Кобальт	26	Свинець	43	Кобальт

10	Нікель	27	Калій	44	Хром
11	Мідь	28	Кальцій	45	Ванадій

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6
12	Цинк	29	Гафній	46	Титан
13	Германій	30	Стронцій	47	Магній
14	Цирконій	31	Рубідій	48	Натрій
15	Ніобій	32	Реній	49	Літій
16	Молибден	33	Паладій	50	Берилій
17	Кадмій	34	Індій		

РГР 1.2 Механічні властивості металів і встановлення їх у залежності від різних факторів

Примітка. Кінцевий результат розв'язання задачі – побудова графіка, що характеризує шукану залежність.

Варіант 1

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.2, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між опором відриву S_k загартованої сталі і її твердістю HRS, якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$S_k = A \cdot l^{c(HRS)},$$

де A, c – коефіцієнти, шукані в задачі;

l – підстава натуральних логарифмів.

Отриману залежність представити графічно.

Таблиця 4.2

S_k , МПа	1700	1780	1820	2000	2200	2400	2600	Подовжні зразки
	1500	1580	1600	1700	1900	2090	2230	Поперечні зразки
HRS	20	25	30	35	40	45	50	

Варіант 2

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.3, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між границею витривалості σ_{-1} сталі і її тимчасовим опором σ_{θ} , якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$\sigma_{-1} = a + y(\sigma_{\sigma}),$$

де a, y – коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.3

σ_{σ} , МПа	455	480	580	860	910	920	955
σ_1 , МПа	200	210	250	380	400	405	420

Варіант 3

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.4, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між твердістю заліза за Брінеллем HB і діаметром зерна d_3 , якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$HB = A (d_3)^{-\alpha},$$

де A, α - шукані коефіцієнти регресії.

Таблиця 4.4

d_3 , мм	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,30
HB	100	92	88	82	80	78	75	73

Варіант 4

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.5, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між твердістю заліза за Брінеллем HB і вмістом у кристалічних ґратах роздільно Si, Mn, Ni, Mo, W, якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$HB = a + vx,$$

де x – роздільний вміст Si, Mn, Ni, Mo, W, %;

a, v – коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.5

HB заліза		90	100	110	120	140	160	180	200	220	240
Вміст легуючих елементів, %	Si	0	0,3	0,5	0,8	1,6	2,5	3,2	4,0	4,5	5
	Mn	0	0,5	0,6	2,0	3,2	3,8	4,2	4,8	5,2	6
	Ni	0	0,8	1,0	2,2	4	6,0	7,0			
	Mo	0	1,0	3,0	3,8	4,0	5,0				
	W	0	1,1	3,1	3,9	4,2	5,3				

Варіант 5

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.6, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії)

між часом до руйнування сталі τ і напругою навантаження σ , якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$t = A \cdot \sigma^{-\alpha},$$

де A , α - шукані в задачі коефіцієнти рівняння, апроксимуючі криву Вейлера.

Таблиця 4.6

Час до руйнування τ , год	10	15	20	35	45	70	105	165	350
Напруга σ , МПа	270	260	250	240	230	220	210	200	190

Варіант 6

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.7, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між мікротвердістю карбіду титану H_μ і вмістом у ньому вуглецю (%C), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$H_\mu = a + b(\%C),$$

де a , b - шукані коефіцієнти регресії.

Таблиця 4.7

Вміст C, %	10	20	30	40	50	60	70
H_μ	800	1200	1600	2200	2800	3400	4000

Варіант 7

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.8, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між величиною зерна заліза d_z і опором відриву S_k , якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$S_k = A(d_z)^{-\alpha},$$

де A , α - шукані коефіцієнти регресії.

Таблиця 4.8

d зерна, мкм	950	750	600	550	500	480	450
S_k , МПа	50	100	150	200	250	300	350

Варіант 8

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.9, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між опором відриву сталі S_k і вмістом у ній вуглецю (%C), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$S_k = a + b(\%C),$$

де a, b - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.9

Вміст C, %	0,4	0,5	0,6	0,7	0,75
S_k , МПа	1700	1450	1100	800	700

Варіант 9

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.10, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між опором відриву сталі S_k і вмістом у ній вуглецю (%C), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$S_k = a + b(\%C),$$

де a, b - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.10

Вміст C, %	0,4	0,5	0,6	0,7	0,75
S_k , МПа	1380	1400	1420	1480	1500

Варіант 10

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.11, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між тимчасовим опором σ_ϵ , відносним подовженням δ заліза і ступенем холодної деформації ϵ , якщо математична модель цієї залежності виражається рівняннями

$$\sigma_\epsilon = A\epsilon^\alpha; \delta = b\epsilon^\beta,$$

де A, b, α, β - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.11

Ступінь деформації ϵ , %	10	20	40	60	80	100
σ_ϵ , МПа	360	380	410	470	520	900
δ , %	15	8	5	4	3	2

Варіант 11

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.12, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії)

між тимчасовим опором сталі σ_{σ} і опором відриву сталі S_k , якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$S_k = a + b(\sigma_{\sigma}),$$

де a, b - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.12

σ_{σ} , МПа	500	700	900	1100	1300
S_k , МПа	1400	1450	1500	1550	1600

Варіант 12

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.13, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між межею міцності сталі σ_{σ} і граничною пластичністю e , якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$\sigma_{\sigma} = a + b(e \%),$$

де a, b - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.13

σ_{σ} , МПа	1050	970	880	800	750	660
e , %	70	80	90	100	110	120

Варіант 13

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.14, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між граничною пластичністю e і вмістом у сталі вуглецю (%C), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$e = A (\%C)^{-\alpha},$$

де A, α - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.14

e , %	65	50	30	20	13
%C	0,23	0,24	0,26	0,28	0,30

Варіант 14

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.15, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між відносним звуженням ψ і межею міцності сталі, що містить різну кількість добавок, якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$\psi = a + b(\sigma_{\epsilon}),$$

де a, b – шукані коефіцієнти для шести випадків складів сталей.

Таблиця 4.15

ψ , %		35	40	45	50	55	60	65
σ_v , МПа	Нелегована якісна сталь	850	720	650	600			
	Нелегована високоякісна сталь	1000	850	720	650	600		
	Добавки Mn	1150	1050	950	840	740	630	
	Добавки Cr + Mo	1450	1300	1200	1050	950	850	750
	Cr + Ni + Mo			1300	1200	1050	950	830
	Cr	1250	115	1060	950	850	750	650

Варіант 15

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.16, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між граничною пластичністю сталі ε і роздільним вмістом елементів, приведених у таблиці, якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$\varepsilon = AM^{-0,5},$$

де M – вміст у сталі відповідно Si, Ni, Mo, Mn, Co, Cr, %;

A – коефіцієнт, шуканий у задачі.

Таблиця 4.16

ε , %		15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Вміст елементів, %	Si	0	1	далі із збільшенням % Si ε не змінюється							
	Ni	0	0,8	1,6	1,8		2,6		3,8		
	Mo	0	0,4	0,8	0,85		1,3				
	Mn	0	0,38	0,7	0,90		1,3				
	Co	0	0,35	0,5	0,55		1,0		3,0		
	Cr	0	0,20	0,4	0,43		0,80		2,1		

Варіант 16

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.17, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між вмістом кисню в сталі (% O_2) і порогом холодноламкості t_{kp} , якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$t_{kp} = a\ell^{\alpha \cdot k},$$

де k – вміст кисню (O_2) %;

a, α - коефіцієнти, шукані в задачі;

ℓ - основа натуральних логарифмів.

Таблиця 4.17

$t_{kp}, ^\circ\text{C}$	0	0	0	2	100	140	150
Вміст O_2 , %	0,001	0,0015	0,0025	0,0035	0,005	0,0065	0,0075

Варіант 17

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.18, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між опором відриву заліза S_k і роздільним вмістом Mn, Cr, Ni, якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$S_k = a + vM,$$

де M – вміст у відсотках відповідно Mn, Cr, Ni, %;

a, v - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.18

S_k , МПа	850	1000	1100	1200	1300	1400
Вміст елементів, %	0	1,0	1,8	2,4	3,0	3,5
	0	1,5	2,5	3,6	5,0	5,8
	0	2,5	3,7	5,0	6,0	7,0

Варіант 18

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.19, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між ударною в'язкістю КСУ грубозернистої і дрібнозернистої сталей і температурою випробування t , якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$КСУ = a\ell^{\alpha(t)},$$

де ℓ – основа натуральних логарифмів;

t – температура іспиту, $^\circ\text{C}$;

a - коефіцієнти, шукані в задачі;

κ_3 – грубозерниста сталь;

m_3 – дрібнозерниста сталь

Таблиця 4.19

КСУ, МДж/м ²	κ_3	0,09	0,19	0,25	0,60	0,66
	m_3	0,22	0,61	0,70	0,72	0,75
$t, ^\circ\text{C}$		0	+20	+40	+60	+80

Варіант 19

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.20, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між границею текучості σ_T (% Si) заліза і вмістом у кристалічних ґратах кремнію, якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$\sigma_T = a + b(\% \text{Si}),$$

де a, b - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.20

σ_T , МПа	50	110	160	220	260	300	350
Вміст Si, %	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0

Варіант 20

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.21, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між границею текучості σ_T заліза і вмістом у кристалічних ґратах марганцю (% Мп), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$\sigma_T = a + b(\% \text{Mn}),$$

де a, b - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.21

σ_T , МПа	50	52	55	58	60	100	120
Вміст Mn, %	0	0,25	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0

Варіант 21

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.22, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між границею текучості σ_T заліза і вмістом у кристалічних ґратах нікелю (% Ni), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$\sigma_T = a + b(\% \text{Ni}),$$

де a, b - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.22

σ_T , МПа	50	53	70	95	150	180	200
Вміст Ni, %	0	1,0	1,5	2,0	3,0	3,5	4,0

Варіант 22

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.23, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між границею текучості σ_T заліза і вмістом у кристалічних ґратах хрому (%Cr), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$\sigma_T = a + b (\%Cr),$$

де a, b - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.23

σ_T , МПа	50	52	53	60	70	90	100
Вміст Cr, %	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0

Варіант 23

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.24, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між опором відриву S_k заліза і його твердістю за Вікерсом (HV), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$S_k = a + b (HV),$$

де a, b - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.24

S_k , МПа	50	75	100	125	150	175
HV	170	250	300	400	500	550

Варіант 24

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.25, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між опором сталі відриву S_k і вмістом у ній вуглецю (%C), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$S_k = a + b (\%C),$$

де a, b - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.25

S_k , МПа	1700	1600	1450	1300	1150	1000	850	700
Вміст C, %	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75

Варіант 25

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.26, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії)

між опором відриву S_k заліза і середнім діаметром зерна d_3 , якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$S_k = A(d_3)^{-\alpha},$$

де A, α - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.26

S_k , МПа	900	700	600	550	500	470	420	400
d_3 , мкм	50	100	150	200	250	300	400	450

Варіант 26

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.27, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між пластичністю сталі $\delta\%$, що містить 0,02% С, і вмістом у ній фосфору (% Р), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$\delta = A(\% \text{ Р})^{-\alpha},$$

де A, α - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.27

Вміст Р, %	0,025	0,05	0,1	0,20	0,30	0,5
δ , %	31,0	25,0	2,4	23,0		13,8

Варіант 27

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.28, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між ударною в'язкістю КСУ сталі, що містить 0,02% С, і вмістом у ній фосфору (% Р) якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$\text{КСУ} = A(\% \text{ Р})^{-\alpha},$$

де A, α - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.28

Вміст Р, %	0,025	0,05	0,10	0,20	0,30	0,50
КСУ, МДж/м ²	0,40	0,35	0,18	0,19	0,16	0,08

Варіант 28

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.29, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між межею міцності σ_B сталі, що містить 0,02% С, і вмістом в ній фо-

сфору (%P), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$\sigma_{\sigma} = A (\%P)^{-\alpha},$$

де A, α - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.29

Вміст P, %	0,025	0,05	0,20	0,30	0,50
σ_{σ} , МПа	353	407	486	520	625

Варіант 29

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.30, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між границею текучості σ_T сталі, що містить 0,02% С, і вмістом в ній фосфору (%P), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$\sigma_T = A (\%P)^{-\alpha},$$

де A, α - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.30

Вміст P, %	0,025	0,05	0,20	0,30	0,50
σ_T , МПа	212	272	337	377	496

Варіант 30

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.31, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між поверхневою твердістю (HRC) хромованої сталі і вмістом у ній вуглецю (%C), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$HRC = A (\%C)^{-0,5},$$

де A - коефіцієнт, що підлягає визначенню.

Таблиця 4.31

HRC на поверхні	15	25	45	60	65	68
Вміст C, %	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0

Варіант 31

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.32, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії)

між твердістю навколошовної зони сталі (HV) і вмістом у сталі кремнію (%Si), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$HV = A (\%Si)^{-0,5},$$

де A - коефіцієнт, що підлягає визначенню.

Таблиця 4.32

HV	170	270	280	300	310	320
Вміст Si, %	0,1	0,34	0,35	1,15	1,30	1,6

Варіант 32

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.33, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між твердістю навколошовної зони сталі (HV) і вмістом у сталі хрому (%Cr), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$HV = A (\%Cr)^{-0,5},$$

де A - коефіцієнт, що підлягає визначенню.

Таблиця 4.33

HV	270	280	300	310	320	330	340	360
Вміст Cr, %	0,2	0,22	0,33	0,4	0,5	0,65	0,72	1,4

Варіант 33

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.34, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між твердістю навколошовної зони сталі (HV) і вмістом у сталі марганцю (%Mn), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$HV = A (\%Mn)^{-0,5},$$

де A - коефіцієнт, що підлягає визначенню.

Таблиця 4.34

HV	280	300	310	320	330	340
Вміст Mn, %	0,19	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5

Варіант 34

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.35, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між межею міцності сталі σ_B і роздільним вмістом в ній вуглецю (%)

С) і міді (% Cu), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$\sigma_{\sigma} = a + b(\%) \text{ елемента,}$$

де % елемента – вміст вуглецю (% C), міді (% Cu);

a, b - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.35

σ_{σ} , МПа	420	490	560	630	700	770
Вміст С, %	0,01	0,014	0,015	0,032	0,035	0,046
Вміст Cu, %	0,035	0,14	0,28			

Варіант 35

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.36, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між межею міцності сталі σ_{σ} і роздільним вмістом марганцю (% Mn) і фосфору (% P), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$\sigma_{\sigma} = a + b(\% \text{ елемента}),$$

де % елемента – вміст марганцю (%Mn), фосфору (%P);

a, b - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.36

σ_{σ} , МПа	420	490	560	630
Вміст Mn, %	0	0,105	0,11	0,14
Вміст P, %	0	0,0105	0,022	0,035

Варіант 36

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.37, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між приростом твердості (ΔHV) при старінні мартенситу і вмістом нікелю (%Ni), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$\Delta HV = A_N^{-0,5},$$

де N – процентний вміст нікелю (%Ni);

A - коефіцієнт, шуканий у задачі.

Таблиця 4.37

Сталь містить 5% Mn						
ΔHV	0	60	120	160	170	200
Вміст Ni, %	0	4	6	8	10	12

Варіант 37

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.38, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між приростом твердості (ΔHV) при старінні мартенситу Fe-Ni сплавів і вмістом нікелю (%Ni), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$\Delta HV = A_N^{-0,5},$$

де N – процентний вміст нікелю (% Ni);

A - коефіцієнт, шуканий у задачі.

Таблиця 4.38

ΔHV	0	10	40	80	100	130	140	160
Вміст Ni, %	0	4	6	8	10	12	14	16

Варіант 38

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.39, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між приростом твердості (ΔHV) при старінні мартенситу Fe – Ni сплавів і вмістом кобальту (%Co), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$\Delta HV = a + b (\% Co),$$

де a, b - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.39

ΔHV	0	75	155	225	300
Вміст Co, %	0	5	10	15	20

Варіант 39

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.40, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між приростом твердості (ΔHV) при старінні мартенситу Fe – Ni сплавів і вмістом хрому (% Cr), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$\Delta HV = a + b \Delta HV,$$

де a, b - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.40

ΔHV	140	160	180	200	220	240
Вміст Cr, %	0	2,5	5,0	7,5	10	12,5

Варіант 40

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.41, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між твердістю Fe – Ni сплавів (HRC) і тривалістю старіння при 430 °C - τ , якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$\text{HRC} = A (\tau)^p,$$

де A, p - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.41

HRC	32	38	42	45	46	50
τ , год	0,001	0,01	0,1	1,0	10	100

Варіант 41

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.42, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між прикладеною напругою σ і числом циклів до руйнування N , якщо математична модель цієї залежності (стомлена) крива виражається рівнянням

$$\sigma = A (N)^{-\alpha},$$

де N – число циклів до руйнування сплаву Н18Д09М5Т;

A, α - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.42

σ , МПа	1250	1100	950	800	650
N	10000	80000	50000	7000000	10000000

Варіант 42

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.43, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між межею міцності σ_B сплаву Н18Д09М5Т і температурою випробування t , якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$\sigma = A (t)^{-\alpha},$$

де A, α - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.43

t , °C	50	100	200	300	400	500
σ_B , МПа	1900	1800	1650	1500	1400	1350

Варіант 43

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.44, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між відносним подовженням δ сплаву Н18Д09М5Т і температурою випробування t , якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$\delta = A (t)^\alpha,$$

де A, α - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.44

$t, ^\circ\text{C}$	50	100	200	300	400	500
$\delta, \%$	10	10	10,5	10,6	12,1	15

Варіант 44

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.45, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між в'язкістю руйнування K_{1c} двох сталей і межею їхньої текучості σ_T , якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$K_{1c} = a + b(\sigma_T),$$

де a, b - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.45

$K_{1c}, \text{МПа}\sqrt{\text{м}}$		25	50	75	100	125	150
$\sigma_T, \text{МПа}$	вуглецева сталь	1700	1500	1420	1300	1200	
	легована сталь	2500	2300	2100	1900	1700	1500

Варіант 45

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.46, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між границею текучості σ_T сплаву Н18Д09М5Т і вмістом у сплаві титану (% Ti), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$\sigma_T = A (\% \text{ Ti})^{-0.5},$$

де A - коефіцієнт, шуканий у задачі.

Таблиця 4.46

σ_T , МПа	1400	1580	1700	1800	1850	1930	1940
Вміст Ti, %	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8

Варіант 46

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.47, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між в'язкістю руйнування K_{1c} сплаву Н18Д09М5Т і вмістом у сплаві титану (% Ti), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$K_{1c} = a + b(\% \text{ Ti}),$$

де a, b - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.47

K_{1c} , МПа $\sqrt{м}$	182	177	170	165	161	155	157
Вміст Ti, %	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8

Варіант 47

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.48, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між межею міцності σ_B сплаву Н12М10К і вмістом у ньому кобальту (% Co), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$\sigma_B = A (\% \text{ Co})^\alpha,$$

де A, α - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.48

σ_B , МПа	1800	1900	2010	2110	2350	2500
Вміст С, %	0	2,5	5	7,5	10	12,5

Варіант 48

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.49, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між границею текучості σ_T сплаву Н12М10К і вмістом у сплаві кобальту (% Co), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$\sigma_T = A l^{\alpha(\% \text{ Co})},$$

де l – підстава натуральних логарифмів;

A, α - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.49

σ_T , МПа	1600	1700	1900	1960	2200	2380
Вміст С, %	0	2,5	5	7,5	10	12,5

Варіант 49

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.50, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між в'язкістю руйнування K_{1c} загартованої сталі і її твердістю (HRC), якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$K_{1c} = a + b(\text{HRC}),$$

де a, b - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.50

K_{1c} , МПа $\sqrt{м}$	13	11,8	11	10	9	8	7
HRC	38	40	42	44	46	48	50

Варіант 50

На підставі експериментальних даних, приведених у таблиці 4.51, установити кореляційну залежність (у вигляді рівняння регресії) між відносним подовженням δ алюмінію і ступенем обтиснення при його холодному обтисненні ε , якщо математична модель цієї залежності виражається рівнянням

$$\delta = A(\varepsilon)^{-\alpha},$$

де A, α - коефіцієнти, шукані в задачі.

Таблиця 4.51

δ , %	15	7,5	4,5	3	2,8	2,7	2,6	2,5
ε , %	0	10	20	30	40	50	60	80

4.2 Завдання 2

РГР 2.1 Діаграми стану двокомпонентних систем. Пластична деформація і рекристалізація

Варіант 1

1 Накресліть діаграму стану системи «мідь – срібло». Опишіть взаємодію міді і срібла в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 15% срібла, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть

характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Яким способом можна відновити пластичність холоднодеформованого алюмінієвого прутка? Вкажіть режим термообробки, опишіть сутність явищ, що відбуваються.

Варіант 2

1 Накресліть діаграму стану системи «свинець – олово». Опишіть взаємодію свинцю й олова в рідкому і твердому станах, вкажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 30% свинцю, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Яким способом можна відновити пластичність холоднодеформованих листів з магнію? Призначте режим термообробки, опишіть сутність явищ, що відбуваються.

Варіант 3

1 Накресліть діаграму стану системи «магній – кальцій». Опишіть взаємодію магнію і кальцію в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх областях діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 40% магнію, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Олово і мідь пластично деформовані при температурі цеху ($+20^{\circ}\text{C}$). Опишіть, яка це обробка для обох металів і чому?

Варіант 4

1 Накресліть діаграму стану системи «мідь – миш'як». Опишіть взаємодію міді і миш'яку в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 15% міді, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть хара-

ктер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Укажіть, як і чому змінюється щільність дислокацій при пластичній деформації.

Варіант 5

1 Накресліть діаграму стану системи «свинець - магній». Опишіть взаємодію свинцю і магнію в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 15% свинцю, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Свинець і алюміній деформовані при температурі цеху ($+20^{\circ}\text{C}$). Яка це обробка для обох металів і чому?

Варіант 6

1 Накресліть діаграму стану системи «сурма - вісмут». Опишіть взаємодію сурми і вісмуту в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 15% вісмуту, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Як і чому змінюються властивості і структура металу при гарячій пластичній деформації?

Варіант 7

1 Накресліть діаграму стану системи «магній - германій». Опишіть взаємодію магнію і германію в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 15% германія, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Залізо і свинець деформовані при температурі цеху ($+20^{\circ}\text{C}$). Яка це обробка для обох металів і чому?

Варіант 8

1 Накресліть діаграму стану системи «мідь - нікель». Опишіть взаємодію міді і нікелю в рідкому і твердому станах. Укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Порівняйте схильність до ліквації сплавів, що містять 15 і 50% нікелю. Поясніть розходження.

2 Як і чому змінюються механічні і фізико-хімічні властивості металів після холодної пластичної деформації?

Варіант 9

1 Накресліть діаграму стану системи «свинець - сурма». Опишіть взаємодію свинцю і сурми в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 60% сурми, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Визначите поріг рекристалізації міді. Опишіть процеси, що протікають при пластичній деформації міді нижче і вище цієї температури.

Варіант 10

1 Накресліть діаграму стану системи «алюміній - мідь». Опишіть взаємодію алюмінію і міді в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 15% міді, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Яким способом можна відновити пластичність холоднокатаних мідних стрічок? Призначте режим термообробки й опишіть фізичну сутність процесів, що відбуваються.

Варіант 11

1 Накресліть діаграму стану системи «алюміній - кремній». Опишіть взаємодію алюмінію і кремнію в рідкому і твердому станах,

укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 40% кремнію, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Визначте поріг рекристалізації титану. Опишіть процеси, що протікають при пластичній деформації титану нижче і вище цієї температури.

Варіант 12

1 Накресліть діаграму стану системи «олово - цинк». Опишіть взаємодію олова і цинку в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 70% цинку, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Як змінюється блокова структура при нагріванні пластично деформованого металу? У чому сутність процесу полігонізації?

Варіант 13

1 Накресліть діаграму стану системи «кадмій - цинк». Опишіть взаємодію кадмію і цинку в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 75% цинку, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Олово і титан деформовані при температурі $+20^{\circ}\text{C}$. Яка це обробка для зазначених металів? Опишіть сутність процесів, що протікають при цій обробці.

Варіант 14

1 Накресліть діаграму стану системи «алюміній - германій». Опишіть взаємодію алюмінію і германію в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус.

дус. Для сплаву, що містить 15% германія, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Що таке блокова структура металу і як вона змінюється під впливом пластичної деформації?

Варіант 15

1 Накресліть діаграму стану системи «сурма - германій». Опишіть взаємодію сурми і германію в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 80% германія, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Для чого застосовується рекристалізаційний відпал у процесі виготовлення холоднокатаної сталевих стрічки? Опишіть технологічний процес відпалу.

Варіант 16

1 Накресліть діаграму стану системи «срібло - германій». Опишіть взаємодію срібла і германія в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 15% германія, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Для яких практичних цілей застосовується наклеп і чому?

Варіант 17

1 Накресліть діаграму стану системи «срібло - скандій». Опишіть взаємодію срібла і скандію в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 60% скандію, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть

характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Як змінюються експлуатаційні характеристики деталей після поверхневого наклепу (дробоструминної обробки, обкатування роликом) і чому?

Варіант 18

1 Накресліть діаграму стану системи «алюміній - барій». Опишіть взаємодію алюмінію і барію в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 0,4% барію, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Прутки олова і титану пластично деформовані при температурі $+20^{\circ}\text{C}$. Яка це обробка для обох металів? Опишіть структуру і властивості цих металів після пластичної деформації при зазначеній температурі.

Варіант 19

1 Накресліть діаграму стану системи «золото - вісмут». Опишіть взаємодію золота і вісмуту в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 15% вісмуту, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Опишіть сутність і механізм збірної рекристалізації.

Варіант 20

1 Накресліть діаграму стану системи «ніобій - кобальт». Опишіть взаємодію ніобію і кобальту в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 15% кобальту, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус.

Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Що являють собою рекристалізаційні діаграми і яке їхнє практичне застосування?

Варіант 21

1 Накресліть діаграму стану системи «гафній - вольфрам». Опишіть взаємодію гафнію і вольфраму в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 15% вольфраму, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Які процеси протікають при гарячій пластичній деформації і як змінюються будова і властивості металів?

Варіант 22

1 Накресліть діаграму стану системи «титан - осмій». Опишіть взаємодію титану й осмію в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 30% осмію, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Що таке критичний ступінь деформації? Опишіть природу цього явища.

Варіант 23

1 Накресліть діаграму стану системи «титан - вольфрам». Опишіть взаємодію титану і вольфраму в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 40% вольфраму, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 В чому сутність і яке практичне застосування наклепу?

Варіант 24

1 Накресліть діаграму стану системи «хром - вуглець». Опишіть взаємодію хрому і вуглецю в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 7% вуглецю, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Використовуючи формулу А.А. Бочвара, визначте поріг рекристалізації технічного титану, заліза, міді і хрому. Обґрунтуйте температуру гарячої обробки цих металів тиском.

Варіант 25

1 Накресліть діаграму стану системи «залізо - фосфор». Опишіть взаємодію заліза і фосфору в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 15% фосфору, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Яка температура розділяє райони холодної і гарячої пластичної деформації і чому?

Варіант 26

1 Накресліть діаграму стану системи «мідь - берилій». Опишіть взаємодію міді і берилію в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 3% берилію, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Поясніть розходження між гарячою і холодною пластичною деформаціями.

Варіант 27

1 Накресліть діаграму стану системи «нікель - вуглець». Опишіть взаємодію нікелю і вуглецю в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 0,75% вуглецю, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Опишіть види недосконалостей кристалічної будови, їх походження, вплив на властивості металів.

Варіант 28

1 Накресліть діаграму стану системи «мідь - кисень». Опишіть взаємодію міді і кисню в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 0,75% кисню, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Як впливає ступінь пластичної деформації на процес рекристалізації і величину зерна?

Варіант 29

1 Накресліть діаграму стану системи «ртуть - телур». Опишіть взаємодію ртуті і телуру в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 15% телуру, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Для чого застосовується відпал після холодної пластичної деформації? Укажіть принципи вибору режиму відпалу.

Варіант 30

1 Накресліть діаграму стану системи «карбід хрому – карбід заліза». Опишіть взаємодію карбіду хрому і карбіду заліза в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми

нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 50% карбїду залїза, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хїмічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури лїквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Під дією яких напружень пластична деформація виникає і чому?

Варіант 31

1 Накресліть діаграму стану системи «ртуть - кадмій». Опишіть взаємодію ртуті і кадмію в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 15% кадмію, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хїмічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури лїквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Поясніть сутність процесу рекристалізації обробки.

Варіант 32

1 Накресліть діаграму стану системи «кобальт - вуглець». Опишіть взаємодію кобальту і вуглецю в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 1,5% вуглецю, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хїмічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури лїквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Як впливають склад сплаву і ступінь пластичної деформації на протікання рекристалізаційних процесів?

Варіант 33

1 Накресліть діаграму стану системи «срібло - Mg_2Si ». Опишіть взаємодію срібла і Mg_2Si у рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 4% Mg_2Si , визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хїмічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури лїквідус. Поясніть хара-

ктер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Визначите поріг рекристалізації вольфраму. Опишіть зміни структури і властивостей вольфраму при його пластичній деформації при температурі нижче порога рекристалізації.

Варіант 34

1 Накресліть діаграму стану системи «срібло - свинець». Опишіть взаємодію срібла і свинцю в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 40% свинцю, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Для чого застосовується відпал після холодної пластичної деформації? Укажіть принципи вибору режиму відпалу.

Варіант 35

1 Накресліть діаграму стану системи «вісмут - свинець». Опишіть взаємодію вісмуту і свинцю в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 15% свинцю, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Визначте температуру рекристалізаційного відпалу нікелю. Дайте пояснення.

Варіант 36

1 Накресліть діаграму стану системи «натрій - калій». Опишіть взаємодію натрію і калію в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 15% калію, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Як і чому змінюються механічні властивості металів при холодній пластичній деформації?

Варіант 37

1 Накресліть діаграму стану системи «свинець - барій». Опишіть взаємодію свинцю і барію в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 2% барію, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Якою термообробкою можна відновити пластичні властивості холоднодеформованої сталі 10? Укажіть режим обраної термообробки.

Варіант 38

1 Накресліть діаграму стану системи «алюміній - залізо». Опишіть взаємодію алюмінію і заліза в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 15% заліза, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Що таке критичний ступінь деформації? Опишіть природу цього явища.

Варіант 39

1 Накресліть діаграму стану системи «сурма - вісмут». Опишіть взаємодію сурми і вісмуту в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 40% сурми, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Як впливає ступінь пластичної деформації на процес рекристалізації і величину зерна?

Варіант 40

1 Накресліть діаграму стану системи «магній - германій». Опишіть взаємодію магнію і германія в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 80% германія, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Поясніть, чому пластичну деформацію олова при температурі $+20^{\circ}\text{C}$ називають гарячою деформацією, а вольфраму при температурі 1000°C – холодною деформацією?

Варіант 41

1 Накресліть діаграму стану системи «мідь - нікель». Опишіть взаємодію міді і нікелю в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 80% нікелю, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Смуги свинцю були прокатані на різний ступінь деформації при температурі $+25^{\circ}\text{C}$. Чи будуть відрізнятися ці смуги за механічними властивостями? Поясніть явище, що спостерігається.

Варіант 42

1 Накресліть діаграму стану системи «свинець - сурма». Опишіть взаємодію свинцю і сурми в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 40% сурми, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 В котельних установках, де є заклепувальні шви, часто спостерігається значна корозія в ділянках металу, що прилягають до заклепок. Поясніть причини, що викликають це явище.

Варіант 43

1 Накресліть діаграму стану системи «алюміній - мідь». Опишіть взаємодію алюмінію і міді в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 45% міді, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Поясніть, чи можна відрізнити за мікроструктурою метал, деформований у холодному стані, від металу, деформованого у гарячому стані, вкажіть, у чому розходження у мікроструктурі?

Варіант 44

1 Накресліть діаграму стану системи «срібло - германій». Опишіть взаємодію срібла і германія в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 15% германія, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Волочіння дроту проводять у кілька проходів. Якщо при цьому волочіння провести без проміжних операцій відпалу, то дріт на останніх проходах дасть розрив. Поясніть причини.

Варіант 45

1 Накресліть діаграму стану системи «срібло - скандій». Опишіть взаємодію срібла і скандію в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 60% скандію, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 В котельних установках, де є заклепувальні шви, часто спостерігається значна корозія в ділянках металу, що прилягають до заклепок. Поясніть причини, що викликають це явище.

Варіант 46

1 Накресліть діаграму стану системи «алюміній - барій». Опишіть взаємодію алюмінію і барію в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 0,4% барію, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Поясніть, чи можна відрізнити за мікроструктурою метал, деформований у холодному стані, від металу, деформованого у гарячому стані, вкажіть, у чому розходження у мікроструктурі?

Варіант 47

1 Накресліть діаграму стану системи «золото - вісмут». Опишіть взаємодію золота і вісмуту в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 15% вісмуту, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Поясніть, чому пластичну деформацію олова при температурі $+20^{\circ}\text{C}$ називають гарячою деформацією, а вольфраму при температурі 1000°C – холодною деформацією?

Варіант 48

1 Накресліть діаграму стану системи «ніобій - кобальт». Опишіть взаємодію ніобію і кобальту в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 15% кобальту, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Опишіть види недосконалостей кристалічної будови, їх походження, вплив на властивості металів.

Варіант 49

1 Накресліть діаграму стану системи «сурма - германій». Опишіть взаємодію сурми і германія в рідкому і твердому станах, укажіть структуру сплавів у всіх областях діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 80% германія, визначте фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Як впливає ступінь пластичної деформації на процес рекристалізації і величину зерна?

Варіант 50

1 Накресліть діаграму стану системи «титан - осмій». Опишіть взаємодію титану й осмію в рідкому і твердому станах, укажіть стру-

ктуру сплавів у всіх ділянках діаграми нижче лінії солідус. Для сплаву, що містить 30% осмію, визначите фазовий склад сплаву, кількісне співвідношення між фазами і хімічний склад фаз при температурі вище температури солідус, але нижче температури ліквідус. Поясніть характер зміни властивостей сплавів цієї системи за допомогою закону М.С. Курнакова.

2 Якою термообробкою можна відновити пластичні властивості холоднодеформованої сталі 10? Укажіть режим обраної термообробки.

4.3 Завдання 3

РГР 3.1 Розрахунки механічних властивостей при статичному навантаженні

Визначити характеристики міцності (межа текучості і тимчасовий опір) і пластичності (відносне подовження і відносне звуження) за результатами випробування на розтягання статичним навантаженням. Результати випробування за кожним індивідуальним варіантом приведені в таблиці 4.52. Побудувати графічну залежність зазначених характеристик від вмісту одного з компонентів сплаву, що змінюється.

Умовні позначення величин, зазначених у таблиці 4.52:

d_0, d_1 – діаметр зразка відповідно до і після випробування;

h_0, h_1 – товщина плоского зразка відповідно до і після випробування;

b_0, b_1 – ширина плоского зразка відповідно до і після випробування;

l_0 – робоча довжина п'ятикратного зразка;

Δ – абсолютне подовження зразка;

P_e – найбільше зусилля, що передувало розриву зразка;

P_T – зусилля, якому відповідає площадка текучості на діаграмі розтягання.

Таблиця 4.52 – Варіанти РГР 3.1

№ вар.	Марка сплаву	$P_T H$	$P_e H$	Δ , мм	d_0 , мм	h_0 , мм	b_0 , мм	d_1 , мм	h_1 , мм	b_1 , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	10	16485	26090	15,5	10	-	-	6,7	-	-
	35	24335	40820	10,0	10	-	-	7,4	-	-
	50	27475	49455	7,0	10	-	-	7,7	-	-
2	30Г	21750	41750	7,0	-	5	15	-	4,3	7,8
	50Г	27750	48750	5,0	-	5	15	-	4,6	8,9

	60Г	29250	52500	4,0	-	5	15	-	4,8	9,7
--	-----	-------	-------	-----	---	---	----	---	-----	-----

Продовження таблиці 4.52

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	30Г	20880	39600	7,0	-	6	12	-	5,1	7,7
	30Г2	26640	45360	6,0	-	6	12	-	5,3	8,6
	30Г3	30960	57306	5,0	-	6	12	-	5,5	8,6
4	15Х	35000	49000	5,0	-	7	10	-	5,9	6,0
	40Х	70000	81900	4,0	-	7	10	-	6,3	6,8
	55Х	80500	86100	3,0	-	7	10	-	6,5	7,6
5	20ХГТ	39685	50880	8,10	9	-	-	6,3	-	-
	20ХГ2Т	48335	60420	6,75	9	-	-	6,5	-	-
	20ХГ3Т	55968	69960	5,40	9	-	-	6,8	-	-
6	20ХС	53380	62800	9,5	10	-	-	7,1	-	-
	20Х	63388	74575	8,0	10	-	-	7,4	-	-
	20Х2	73395	86350	5,0	10	-	-	7,8	-	-
7	40ХФА	14994	17640	2,5	5	-	-	3,9	-	-
	40Х2ФА	18316	21560	2,0	5	-	-	4,2	-	-
	40Х3ФА	19990	23520	1,5	5	-	-	4,4	-	-
8	30ХГС	14990	17645	2,6	6	-	-	3,9	-	-
	30ХГ2С	18340	21600	2,1	6	-	-	4,2	-	-
	30ХГ3С	19995	23550	1,6	6	-	-	4,3	-	-
9	65	78500	98500	5,65	-	5	20	-	4,3	15,1
	70	83700	103500	5,00	-	5	20	-	4,5	15,6
	75	88290	108500	4,20	-	5	20	-	4,7	15,9
10	38ХМЮА	65155	76930	7,0	10	-	-	7,1	-	-
	38Х2МЮ А	73005	84780	6,0	10	-	-	7,3	-	-
	38Х3МЮ А	80865	94200	5,0	10	-	-	7,8	-	-
11	18ХГ	46746	55968	4,5	9	-	-	6,2	-	-
	18ХГС	60150	67150	3,6	9	-	-	6,4	-	-
	18ХГС2	64475	80593	4,7	9	-	-	6,7	-	-
12	40ХН	62800	78500	5,0	10	-	-	7,4	-	-
	40ХН3	62810	86350	10,0	10	-	-	7,2	-	-
	40ХН2	62805	86200	8,0	10	-	-	7,1	-	-
13	БрА7Мц2	17920	21084	28,0	8	-	-	2,7	-	-
	БрА7Мц7	18825	25100	29,0	8	-	-	4,5	-	-
	БРа7Мц9	20207	27610	36,0	8	-	-	5,9	-	-

Продовження таблиці 4.52

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
14	ЛЦ40Мц1	10255	16674	5,4	9	-	-	6,2	-	-
	ЛЦ40Мц2	17860	23812	9,0	9	-	-	5,6	-	-
	ЛЦ40Мц3	21476	28250	10,4	9	-	-	4,9	-	-
15	ЛЦ38Мц2 С1	16345	19230	9,0	10	-	-	7,7	-	-
	ЛЦ38Мц2 С2	13820	18445	7,6	10	-	-	7,9	-	-
	ЛЦ38Мц2 С3	13280	15680	5,0	10	-	-	8,2	-	-
16	ЛЦ30А2	11295	15060	6,0	8	-	-	5,9	-	-
	ЛЦ30А6	14680	19580	4,0	8	-	-	6,2	-	-
	ЛЦ30А9	20360	25450	3,2	8	-	-	6,5	-	-
17	20ХГС	26957	49396	4,8	8	-	-	5,2	-	-
	20ХГ2С	41315	59276	4,0	8	-	-	5,6	-	-
	20ХГ3С	59750	74687	3,2	8	-	-	5,9	-	-
18	40Х	30222	37590	3,5	7	-	-	5,0	-	-
	45Х	32070	39616	3,2	7	-	-	5,2	-	-
	50Х	37807	41503	2,8	7	-	-	5,4	-	-
19	20Х	18027	23673	4,5	6	-	-	3,9	-	-
	30Х	19415	24960	3,9	6	-	-	4,1	-	-
	35Х	20800	25780	3,3	6	-	-	4,3	-	-
20	15Л	7700	15400	8,4	7	-	-	5,4	-	-
	20Л	8470	16170	7,7	7	-	-	5,7	-	-
	25Л	9240	17320	6,3	7	-	-	5,9	-	-
21	30Л	13052	24095	6,4	8	-	-	6,5	-	-
	35Л	14056	25100	5,6	8	-	-	6,7	-	-
	40Л	15060	26250	4,8	8	-	-	6,9	-	-
22	45Л	25120	43175	5,5	10	-	-	8,9	-	-
	55Л	26690	45530	4,5	10	-	-	9,0	-	-
	60Л	28260	47100	4,0	10	-	-	9,2	-	-
23	Л68	6360	8490	12	6	-	-	4,0	-	-
	Л62	7230	9905	13	6	-	-	3,8	-	-
	Л59	9248	10168	8	6	-	-	5,0	-	-
24	Л96	3763	4704	12,5	5	-	-	3,0	-	-
	Л90	4076	5096	11,3	5	-	-	3,4	-	-
	Л80	5020	6272	10,5	5	-	-	3,9	-	-

Продовження таблиці 4.52

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
25	Л70	6540	9340	16,5	6	-	-	3,1	-	-
	Л62	7140	10200	14,7	6	-	-	3,6	-	-
	Л59	7530	10800	7,5	6	-	-	4,2	-	-
26	БрАЖ9-4	18480	23100	14,8	7	-	-	4,9	-	-
	БрАЖ6-4	15400	19250	8,7	7	-	-	5,2	-	-
	БрАЖ4-4	10740	15400	7,0	7	-	-	6,3	-	-
27	БрБ3	15060	25100	12,0	8	-	-	4,8	-	-
	БрБ2	13554	22590	14,8	8	-	-	4,0	-	-
	БрБ1	9780	15060	22,4	8	-	-	3,5	-	-
28	20ХН	55200	76800	6,0	-	8	12	-	6,0	8,3
	20ХН2	62400	91200	6,9	-	8	12	-	6,2	8,7
	20ХН4	81600	105600	8,4	-	8	12	-	5,0	8,1
29	18ХНВА	84150	113850	6,0	-	9	11	-	6,2	7,5
	18Х2НВА	94050	118800	4,0	-	9	11	-	7,3	7,0
	18Х3НВА	106920	133650	3,0	-	9	11	-	7,7	7,6
30	60С2	140400	152400	3,0	-	10	12	-	8,1	8,7
	60С3	176400	199200	2,0	-	10	12	-	8,5	9,5
	60С4	189600	211200	1,0	-	10	12	-	9,1	9,4
31	75	69090	86356	4,0	10	-	-	8,7	-	-
	80	73005	90275	3,0	10	-	-	8,9	-	-
	85	76930	98125	2,0	10	-	-	9,0	-	-
32	10ХГТ	70650	78500	5,0	10	-	-	7,1	-	-
	20ХГТ	74575	82425	4,0	10	-	-	7,2	-	-
	25ХГТ	86350	102050	3,5	10	-	-	7,5	-	-
33	12ХНА	53380	70650	4,0	10	-	-	6,1	-	-
	12ХН3А	54950	74575	5,0	10	-	-	6,5	-	-
	12ХН4А	56200	76930	7,0	10	-	-	6,8	-	-
34	08	38000	42000	15,3	-	5	20	-	4,4	14,7
	15	40000	45000	14,6	-	5	20	-	4,6	14,6
	20	46000	50000	13,5	-	5	20	-	4,8	14,5
35	25	50000	55000	12,9	-	5	20	-	4,5	15,3
	30	53000	60000	11,8	-	5	20	-	4,7	15,5
	35	58000	65000	10,2	-	5	20	-	4,8	15,8
36	А14	23500	30300	8,0	10	-	-	6,1	-	-
	А20	24100	33150	5,0	10	-	-	7,3	-	-
	А35	28050	39000	4,0	10	-	-	8,5	-	-

Продовження таблиці 4.52

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
37	40ХН	61230	76930	6,0	10	-	-	6,4	-	-
	45ХН	66155	80070	5,0	10	-	-	7,2	-	-
	50ХН	69080	94200	4,0	10	-	-	8,0	-	-
38	20	19625	32180	12,0	10	-	-	5,0	-	-
	30	22760	37700	11,0	10	-	-	6,1	-	-
	45	26700	47100	8,0	10	-	-	6,7	-	-
39	20Г2	20630	33750	11,0	10	-	-	7,4	-	-
	45Г2	32180	54950	7,0	10	-	-	8,0	-	-
	55Г2	37680	63580	6,6	10	-	-	8,3	-	-
40	20ХФ	47100	62800	6,0	10	-	-	7,1	-	-
	40ХФ	85600	102500	5,0	10	-	-	7,4	-	-
	55ХФ	90500	113000	4,0	10	-	-	7,9	-	-
41	05кП	16000	18000	15,0	-	3	20	-	2,6	10,8
	08кП	17100	19200	13,0	-	3	20	-	2,7	11,6
	10кП	18000	20400	10,0	-	3	20	-	2,8	11,9
42	10	38000	44000	16,3	-	4	25	-	3,4	19,0
	15кП	40000	46000	14,5	-	4	25	-	3,6	19,3
	20кП	43000	48000	13,5	-	4	25	-	3,8	16,2
43	20	46000	51000	13,6	-	4	25	-	3,2	21,8
	25	50000	55000	12,4	-	4	25	-	3,5	20,6
	30	54000	60000	11,3	-	4	25	-	3,7	20,0
44	35	60000	65000	10,7	-	4	25	-	3,3	22,7
	40	64000	67000	10,1	-	4	25	-	3,6	21,6
	45	65000	70000	9,0	-	4	25	-	3,8	21,0
45	15Г	40000	43000	15,8	-	5	20	-	4,4	15,2
	20Г	42000	45000	14,6	-	5	20	-	4,6	15,2
	30Г	50000	55000	12,4	-	5	20	-	4,8	15,4
46	40Г	51000	60000	10,7	-	5	20	-	4,1	18,3
	50Г	61000	65000	11,8	-	5	20	-	4,4	17,9
	60Г	70000	72000	9,0	-	5	20	-	4,7	17,8
47	65Г	71000	75000	6,8	-	5	20	-	4,6	17,8
	70Г	74100	80000	5,7	-	5	20	-	4,8	17,5
	80Г	83000	90000	4,5	-	5	20	-	4,9	17,9
48	10Г2	41000	45000	15,8	-	5	20	-	4,3	15,1
	30Г2	55000	60000	11,3	-	5	20	-	4,4	15,9
	35Г2	60000	63000	10,7	-	5	20	-	4,6	15,5

Продовження таблиці 4.52

49	40Г2	63000	67000	9,6	-	4	25	-	3,7	20,2
	45Г2	65000	70000	8,5	-	4	25	-	3,8	21,1
	50Г2	71000	75000	7,3	-	4	25	-	3,9	21,0
50	25ХГСА	61000	70000	10,2	-	5	20	-	4,7	16,5
	30ХГСА	71000	75000	9,0	-	5	20	-	4,8	16,7
	35ХГСА	73000	80000	7,3	-	5	20	-	4,9	16,7

РГР 3.2 – Залізовуглецеві сплави

1 Накресліть діаграму стану «залізо – карбід заліза». Вкажіть структурні складові у всіх ділянках діаграми, опишіть перетворення і побудуйте криву охолодження в інтервалі температур від 1600⁰С і до 600⁰С (із застосуванням правила фаз) для сплаву, що містить «С» відсотків вуглецю. Для заданого сплаву при температурі *t* визначте масу, а також вміст у цих фазах вуглецю. Для заданого сплаву вкажіть температури всіх критичних точок.

2 Опишіть хімічний склад, мікроструктуру (відповідно до діаграми стану) і механічні властивості, а також область застосування сталей, зазначених в індивідуальному завданні (таблиця 4.53).

3 Опишіть мікроструктуру і механічні властивості чавуну, зазначеного в індивідуальному завданні. Вкажіть доцільне застосування чавуну цієї марки.

Таблиця 4.53 – Індивідуальні завдання

Номер варіан- та	Умови до задачі 1		Умови до задачі 2		Умови до задачі 3	
	С, %	t, ⁰ С	сталь № 1	сталь № 2	чавун № 1	чавун № 2
1	2	3	4	5	6	7
1	0,1	1525	Ст0	10	СЧ15	ВЧ38-17
2	0,16	1510	Ст1кп	15	СЧ20	КЧ37-12
3	0,3	768	Ст1пс	20	СЧ25	КЧ35-10
4	0,4	740	Ст1сп	25	СЧ30	КЧ30-6
5	0,5	1475	Ст2кп	30	СЧ35	КЧ33-8
6	0,6	1475	Ст2пс	35	СЧ18	КЧ50-5
7	0,7	1450	Ст2сп	40	СЧ40	КЧ56-4
8	0,8	1450	Ст3	45	СЧ10	КЧ60-3
9	0,9	1400	Ст3кп	50	СЧ45	КЧ63-2
10	1,0	1400	Ст3пс	55	СЧ10	АКЧ-1
11	1,1	1350	Ст4кп	60	СЧ15	АКЧ-2

Продовження таблиці 4.53

1	2	3	4	5	6	7
12	1,2	1350	Ст4пс	65	СЧ18	ВЧ50-2
13	1,3	800	Ст4сп	08кп	СЧ20	ВЧ60-2
14	1,4	1325	Ст5пс	10кп	СЧ25	ВЧ70-3
15	1,5	1300	Ст5сп	У7	СЧ30	ВЧ80-3
16	1,6	900	Ст6пс	У8	СЧ35	ВЧ100-4
17	1,7	850	Ст6пс	У9	СЧ40	ВЧ120-4
18	1,8	800	МСт1	У10	СЧ45	ВЧ45-5
19	1,9	1250	МСт2	У11	СЧ10	ВЧ38-17
20	2,0	1350	МСт3	У12	СЧ15	ВЧ40-10
21	2,1	1000	МСт4	У13	СЧ18	ВЧ45-5
22	2,2	1300	МСт5	У7А	СЧ20	ВЧ38-17
23	2,3	1350	МСт6	У8А	СЧ25	КЧ37-12
24	2,4	1100	МСт1кп	У9А	СЧ30	КЧ35-10
25	2,5	1050	МСт2кп	У10А	СЧ35	КЧ30-6
26	2,6	700	МСт3кп	У11А	СЧ40	КЧ33-8
27	2,7	650	МСт4кп	У12А	СЧ45	КЧ55-5
28	2,8	1000	МСт5кп	У13А	СЧ10	КЧ56-4
29	2,9	950	МСт6кп	25Л-I	СЧ15	КЧ60-3
30	3,0	1250	МСт1сп	35Л-I	СЧ20	КЧ63-2
31	3,1	1200	МСт2сп	45Л-I	СЧ18	АКЧ-1
32	3,2	1250	МСт3сп	50Л-I	СЧ25	АКЧ-2
33	3,3	800	МСт4сп	25Л-II	СЧ30	ВЧ50-2
34	3,4	770	МСт5сп	36Л-II	СЧ35	ВЧ60-2
35	3,5	900	МСт6сп	45Л-II	СЧ40	ВЧ70-3
36	3,6	850	ВСт1	50Л-II	СЧ45	ВЧ80-3
37	3,7	1155	ВСт2	55Л-II	СЧ10	ВЧ100-4
38	3,8	1100	ВСт3	25Л-III	СЧ15	ВЧ120-4
39	3,9	1000	ВСт4	35Л-III	СЧ18	ВЧ45-5
40	4,0	700	ВСт5	45Л-III	СЧ20	ВЧ38-17
41	4,1	1150	ВСт6	50Л-III	СЧ25	ВЧ40-10
42	4,2	1100	ВСт1кп	55Л-III	СЧ30	ВЧ45-5
43	4,3	1000	ВСт2кп	А25	СЧ35	КЧ37-12
44	4,4	600	ВСт3кп	А35	СЧ40	КЧ35-10
45	4,5	1150	ВСт4кп	А45	СЧ45	КЧ30-6
46	4,6	1200	ВСт5кп	А50	СЧ10	КЧ33-8
47	4,7	900	Ст0	А25Г	СЧ15	КЧ50-5

Продовження таблиці 4.53

1	2	3	4	5	6	7
48	4,8	750	Ст1кп	A35Г	СЧ18	КЧ56-4
49	4,9	800	Ст1пс	A40Г	СЧ20	КЧ60-3
50	5,0	1250	Ст1сп	A45Г	СЧ25	КЧ63-2
51	5,1	800	Ст2кп	10	СЧ30	АКЧ-1
52	5,2	1200	A11	15	СЧ35	АКЧ-2
53	5,3	1150	A12	20	СЧ40	ВЧ50-2
54	5,4	1100	A20	25	СЧ45	ВЧ60-2
55	5,5	1000	A30	30	СЧ10	ВЧ70-3
56	5,6	1350	A40	35	СЧ15	ВЧ80-3
57	5,7	1300	A40Г	40	СЧ18	ВЧ100-4
58	5,8	1250	Ст2пс	45	СЧ20	ВЧ120-4
59	5,9	1200	Ст2сп	50	СЧ25	ВЧ45-5
60	6,0	1150	Ст3кп	55	СЧ30	ВЧ38-17

4.4 Завдання 4

РГР 4.1 – Перетворення в сталях при нагріванні (утворення аустеніту)

На основі проведених експериментів, результати яких складають індивідуальне завдання (табл. 4.54):

1) розрахувати коефіцієнти математичної моделі (рівняння регресії), що зв'язує температуру і час ізотермічної витримки від початку і до кінця перетворення перліту в аустеніт у заданій сталі, а також його гомогенізації;

2) побудувати діаграму ізотермічного утворення аустеніту заданої сталі, використовуючи отримані регресійні рівняння;

3) установити вплив швидкості безупинного нагрівання сталі (V_1 , V_2 , V_3 – див. табл. 4.54) на температуру початку перетворення перліту в аустеніт, температуру кінця цього перетворення, а також температуру гомогенізації аустеніту;

4) сформулювати висновки.

4.4.1 Алгоритм розв'язання поставлених задач

При утворенні аустеніту в ізотермічних умовах залежність між температурою і часом утворення аустеніту описується рівнянням

$$t = A \tau^{-\alpha}, \quad (4.1)$$

де t - температура ізотермічної витримки, °C;

τ - час до початку (чи кінця) утворення аустеніту;

A і α - постійні коефіцієнти, що обчислюють на основі даних індивідуального завдання.

Методика розрахунку шуканих коефіцієнтів A і α

1.1 Прологарифмуємо рівняння (4.1), одержимо:

$$lqt = lqA - \alpha lqt. \quad (4.2)$$

1.2 Введемо позначення:

$$lqt = y; \quad lqA = a; \quad -\alpha = v; \quad lq\tau = x,$$

тоді рівняння (4.2) прийме вигляд

$$y = a + vx. \quad (4.3)$$

1.3 Формула (4.3) виражає пряму лінію. Шукані коефіцієнти « a » і « v » обчислюють способом найменших квадратів за формулами:

$$v = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}, \quad (4.4)$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - v \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (4.5)$$

де n – число дослідних даних індивідуального завдання.

1.4 На підставі п.2 з виразу $lqA = a$, потенціюючи результати розрахунків за формулою (4.5), визначимо числове значення A .

З виразу $-\alpha = v$, з розрахунків за формулою (4.4), визначимо числове значення α .

1.5 Маючи обчислені значення A і α запишемо остаточний вираз математичної моделі за формулою (4.1) з числовими значеннями коефіцієнтів A і α .

1.6 Такі розрахунки виконати для даних табл. 4.54 для чотирьох випадків:

- початку переходу перліту в аустеніт;
- кінця переходу перліту в аустеніт;
- завершення утворення аустеніту;
- завершення гомогенізації.

Примітка: розрахунки з визначення коефіцієнтів регресії досить складні, тому студентам рекомендуються ці розрахунки виконувати з використанням ПЕОМ. Для чого необхідно скласти відповідну програму. Зразок такої програми є на кафедрі.

4.4.2 Побудова діаграми ізотермічного утворення аустеніту

1 Побудувати напівлогарифмічну систему координат: вісь ординат (температура в градусах Цельсія) у рівномірному масштабі, вісь абсцис (час у секундах) у логарифмічній системі.

2 Зобразити графічно рівняння регресії, отримані в п. 1.5 роздільно для трьох процесів: початку утворення аустеніту, кінця його утворення і кінця гомогенізації). Для цього задавати довільно відрізки часу в секундах, підставляти в отримані рівняння і підраховувати відповідну температуру. З'єднавши плавними лініями відзначені точки, одержимо діаграму ізотермічного утворення аустеніту. Нанести також температуру A_1 з довідкової літератури для заданої сталі.

3 Всі ділянки отриманої діаграми позначити відповідними структурними складовими.

4.4.3 Встановлення впливу швидкості безупинного нагрівання на процеси аустенітизації

1 Нанести на побудовану діаграму ізотермічного утворення аустеніту задані в завданні швидкості безупинного нагрівання (V_1 , V_2 , V_3). Для цього для кожної з заданих швидкостей підрахувати миттєву температуру сталі через довільно обраний відрізок часу за формулою

$$t_{\text{мгн}} = t_{\text{нач}} + V_i \tau,$$

де $t_{\text{нач}}$ – початкова температура нагрівання, задана в графі 8 табл. 4.54;

V_i - розглянута швидкість нагрівання (відповідно графі 9, 10, 11 табл. 4.54);

τ - довільно взятий відрізок часу, с.

Рекомендується підраховувати 5...6 миттєвих температур, відзначивши їх відповідними точками на діаграмі ізотермічного утворення аустеніту. З'єднавши точки пальною лінією, одержимо графічне зображення заданої швидкості нагрівання.

2 Знайти точки перетинання ліній швидкостей нагрівання з лініями діаграми і зробити відповідні висновки про вплив швидкості безупинного нагрівання на процеси аустенітизації.

Таблиця 4.54 – Зміст індивідуальних завдань для побудови діаграми ізотермічного утворення аустеніту

№ ва-рі-анта	Марка сталі	Експериментальні дані для побудови діаграми ізотермічного утворення аустеніту заданої сталі					Дані для вивчення впливу швидкості безперервного нагрівання на процеси аустенітизації			
		Темпе-ратура ізотермічної витримки, °C	Інку-бацій-ний період, °C	Сумарний час для за-вершення перетво-рення П→А, с	Загальний час утво-рення ау-стеніту, с	Час до за-вершення гомогеніза-ції аустені-ту, с	Початкова темпери-тура нагрі-вання, °C	Швидкості нагрі-вання, град/с		
								V ₁	V ₂	V ₃
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	35X	800	6	12	500	9000	700	0,2	0,4	0,6
		820	7	6	100	2000				
		840	2	4	40	500				
		860	1,5	2,8	20	200				
		880	1	2	10	100				
2	40X	780	11	30	4000	100000	650	0,15	0,35	0,55
		810	4	8	800	4000				
		830	2,3	5	70	1000				
		850	1,8	3	28	300				
		870	1,2	2,5	15	150				

Продовження таблиці 4.54

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	30М	790	3	15	50	5000	680	0,3	0,5	0,7
		800	2	9	30	1800				
		820	1,3	5	18	300				
		840	0,8	2,8	10	120				
		880	0,3	1,6	4	40				
4	30ХГТ	780	5	20	1000	100000	710	0,2	0,7	1,0
		800	2	8	70	2000				
		820	1,3	4,2	20	300				
		840	0,9	2,5	13	110				
		880	0,4	1,9	7	50				
5	40МН	790	3	15	300	50000	690	0,1	0,6	0,8
		810	1,8	6	40	800				
		830	1,0	3	18	200				
		860	0,6	2	8	70				
		880	0,4	1,7	7	50				
6	45Х2Ф	820	11	25	200	20000	670	0,05	0,4	0,6
		830	8	30	150	5000				
		840	6,5	13	80	900				
		850	5	9	50	500				
		860	4	7	35	320				
7	60С2	760	15	600	4000	60000	650	0,1	0,2	1,3
		780	5	130	1000	7000				

		800	2	45	380	1800				
--	--	-----	---	----	-----	------	--	--	--	--

Продовження таблиці 4.54

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		840	1	9	75	380				
		880	0,6	4	22	120				
8	60Г2	750	30	2000	10500	200000	640	0,2	0,25	0,35
		790	3	80	600	4000				
		800	2	45	380	1800				
		850	0,9	7	50	300				
		870	0,8	4,5	30	180				
9	65С2	740	60	1000	10000	40000	640	0,12	0,16	0,25
		760	8	60	600	2100				
		800	1	2,5	22	110				
		840	0,5	1,0	4,5	18				
		880	0,3	0,7	1,8	6				
10	У7	780	3	15	70	15000	630	0,1	0,12	0,15
		800	1,8	7	16	5000				
		820	1,0	4	12	900				
		840	0,7	2,1	7	45				
		880	0,4	1,0	2,8	25				
11	У8	760	2,2	140	3000	100000	640	0,15	0,20	0,25
		780	1,2	12	150	10000				
		800	0,8	4	28	1000				
		840	0,55	1,6	3,3	40				
		880	0,40	0,8	2,0	15				

Продовження таблиці 4.54

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	45	740	35	250	1500	5000	650	0,12	0,13	0,3
		760	6	30	180	750				
		800	0,7	3	18	80				
		800	0,3	1,0	5	22				
		840	0,2	0,7	7,5	12				
13	50	750	10	60	350	1200	660	0,15	0,18	0,25
		770	3	15	90	350				
		790	1	5	30	120				
		810	0,5	2	12	50				
		860	0,2	0,7	3,2	15				
14	60	740	30	100	200	800	670	0,12	0,20	0,25
		780	0,8	3,2	10	40				
		820	0,3	1,1	4	18				
		840	0,25	0,85	3	12				
		880	0,18	0,7	2,2	10				
15	65	750	6	22	60	200	680	0,10	0,15	0,18
		770	1,5	5,5	18	60				
		790	0,6	2,2	7	28				
		830	0,25	1,0	3,5	15				
		860	0,2	0,7	2,5	10				
16	50X	760	22	1100	20000	60000	690	0,05	0,08	0,15
		780	2	70	800	4000				

		820	0,3	2,0	20	100				
--	--	-----	-----	-----	----	-----	--	--	--	--

Продовження таблиці 4.54

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
16	50X	840	0,25	0,9	6	26	690	0,05	0,08	0,15
		860	0,18	0,5	2	10				
17	40X2MA	740	320	1600	740	6000	660	0,1	0,3	0,6
		760	40	210	760	1000				
		780	10	60	780	300				
		840	1,8	7	32	160				
		880	1,2	5	20	70				
18	45XГ2C А	730	1000	5000	20000	70000	670	0,2	0,4	0,5
		750	80	500	2000	8000				
		790	6	35	180	700				
		840	1,8	7	32	160				
		870	1,3	5	20	80				
19	60C2H2	730	110	1000	6000	20000	680	0,3	0,6	0,7
		770	5	23	120	1000				
		800	1,6	6	30	280				
		840	0,9	3	12	100				
		880	0,6	2,5	0,9	75				
20	70C3Φ	740	45	300	2200	10500	690	0,4	0,5	0,8
		760	9	45	270	2000				
		790	2	8	40	350				
		810	1,3	4,8	20	180				
		860	0,8	2,7	9	80				

Продовження таблиці 4.54

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
21	35Г2	730	200	7000	10800	45000	700	0,5	0,3	0.2
		750	26	120	900	9000				
		770	3	23	130	1600				
		790	2,2	10	45	500				
		840	1,3	4,8	15	100				
22	45Г2	740	45	900	5000	20800	710	0,6	0,2	0,4
		780	3	16	80	800				
		800	2	7	30	310				
		840	1,4	4,3	14	100				
		860	1,1	3,8	11	80				
23	20ХН3	738	108	1500	20000	50000	650	0,15	0,40	0,55
		750	25	120	800	4500				
		780	5	23	100	750				
		820	1,8	8	28	210				
		860	1,3	5,5	18	150				
24	25ХН3	740	70	550	5000	20000	660	0,20	0,35	0,45
		760	14	70	350	2500				
		800	2,8	12	43	360				
		820	1,8	8	27	210				
		860	1,3	5,7	18	150				

Продовження таблиці 4.54

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
25	5ХНВ	730	60	1000	10500	30000	670	0,25	0,30	0,40
		760	7	55	450	4200				
		780	3	25	180	1800				
		820	1,6	9	60	750				
		880	0,8	5	35	550				
26	5ХНТ	740	30	300	3000	20000	680	0,30	0,25	0,35
		770	4,5	35	260	2800				
		710	2,2	18	120	1400				
		810	1,5	10	73	900				
		860	1,0	6	45	200				
27	40Х2НФ	730	200	900	4100	28000	690	0,35	0,20	0,5
		750	40	190	900	6700				
		770	15	70	400	3000				
		820	2,5	17	90	850				
		860	1,2	6	42	500				
28	40Х2НЗ	730	180	400	2700	6000	700	0,40	0,15	0,60
		750	12	55	420	1600				
		780	2	8	75	280				
		820	0,7	2	18	55				
		860	0,5	1,1	8	26				
29	38ХМЮ	730	50	200	1100	6000	660	0,05	0,1	0,4
		760	6	30	150	650				

		800	1,6	5	25	100				
--	--	-----	-----	---	----	-----	--	--	--	--

Продовження таблиці 4.54

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
29	38ХМЮ	840	0,8	1,4	7	32	660	0,05	0,1	0,4
		880	0,55	0,8	2,2	10				
30	38ХФЮ А	740	22	100	600	3000	670	0,08	0,15	0,5
		770	4	18	75	350				
		810	1,4	3	18	70				
		830	0,9	1,8	10	40				
		870	0,6	0,9	3	15				
31	40ХГ2Р	730	500	1000	5400	20100	680	0,1	0,18	0,55
		750	20	160	1000	5000				
		790	1	8	58	400				
		830	0,4	1,8	8	50				
		870	0,3	1,1	4	10				
32	40ХГР	740	150	500	2800	10200	690	0,12	0,20	0,60
		760	7	75	480	2700				
		800	0,7	4,5	30	200				
		840	0,4	1,3	6,2	40				
		880	0,3	1,0	1,4	22				
33	40Н	740	400	1000	2500	5400	700	0,14	0,22	0,65
		760	120	400	1000	2100				
		800	28	100	200	850				
		840	7,5	40	140	400				
		880	2,8	18	65	200				

Продовження таблиці 4.54

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
34	40H3	730	900	2000	5000	10000	710	0,16	0,25	0,70
		750	200	550	1400	3000				
		790	40	150	400	900				
		830	10	50	180	450				
		870	3,2	20	80	250				
35	40H5	740	50	300	2800	10200	715	0,18	0,28	0,80
		760	5	50	600	3600				
		780	1,4	13	200	1400				
		820	0,4	1,9	38	350				
		860	0,3	1,0	13	140				
36	20X2	740	45	300	2800	10200	650	0,1	0,7	0,2
		750	14	100	1100	6000				
		790	0,8	7	140	900				
		830	0,4	1,5	28	280				
		870	0,3	0,9	11	105				
37	45X3	735	150	1500	10000	90000	660	0,2	0,6	0,4
		755	22	100	600	3500				
		775	7	38	180	1000				
		835	0,9	5,5	25	190				
		875	0,4	2,5	12	100				
38	55X	740	75	550	4000	30000	670	0,3	0,5	0,1
		780	5,5	30	150	900				

		820	1,4	7,5	35	250				
--	--	-----	-----	-----	----	-----	--	--	--	--

Продовження таблиці 4.54

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
38	55X	840	0,8	5	22	180	670	0,3	0,5	0,1
		880	0,4	2,2	10	90				
39	55C2	730	300	3000	6000	10800	680	0,4	0,6	0,3
		750	20	180	700	4500				
		770	4	30	180	1500				
		810	0,5	3,5	20	250				
		860	0,2	1,0	5,5	60				
40	45B3	740	80	600	2500	10000	690	0,5	0,4	0,2
		780	2	18	100	900				
		800	0,7	5,5	35	380				
		840	0,25	1,4	8	100				
		860	0,2	1,0	5,5	60				
41	45B5	730	28	105	380	2800	700	0,6	0,3	0,5
		750	6,5	40	108	900				
		770	2,5	18	60	520				
		810	0,7	6,5	28	250				
		860	0,3	3,4	18	180				
42	40Г	740	17	75	210	1800	710	0,7	0,2	0,4
		760	4,5	28	90	710				
		800	1,0	8	32	300				
		840	0,4	4,2	20	190				
		870	0,2	3	18	160				

Продовження таблиці 4.54

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
43	55Г2	730	1500	10000	40000	80000	640	0,7	0,07	0,4
		750	40	2000	10000	30000				
		790	1	40	300	3800				
		830	0,3	3	40	500				
		870	0,25	0,9	10	100				
44	65Г2	740	350	6000	20200	55000	650	0,6	0,1	0,3
		760	10	800	550	18000				
		780	1,5	100	900	6000				
		820	0,35	4,5	70	800				
		860	0,25	1,3	14	150				
45	50Φ	730	800	3000	5500	10900	660	0,5	0,2	0,6
		750	28	290	1000	4000				
		770	3,2	32	210	1000				
		810	0,55	2,8	28	140				
		850	0,28	1,0	9	40				
46	40М3	740	150	1000	2600	9000	670	0,4	0,3	0,6
		760	9	90	500	2000				
		780	1,8	16	140	550				
		820	0,4	2	20	90				
		860	0,25	0,85	7,5	35				

Продовження таблиці 4.54

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
47	45M5	750	600	6000	9000	10900	680	0,3	0,4	0,6
		770	70	550	1900	4600				
		790	17	110	520	1700				
		830	4	23	103	450				
		870	1,9	8	40	200				
48	50M	740	10000	20000	40000	45000	690	0,2	0,5	0,7
		760	180	1600	4000	8000				
		780	30	250	900	2600				
		840	2,8	17	80	350				
		880	1,6	7	30	180				
49	50XΦ	730	170	540	1300	2500	700	0,1	0,6	0,5
		750	20	80	300	800				
		770	4,7	24	100	380				
		830	0,55	2	14	70				
		870	0,35	1,2	7	38				
50	50ГМ	740	55	200	700	1600	710	0,07	0,7	0,4
		760	10	45	190	560				
		780	2,8	15	70	280				
		820	0,65	2,8	18	80				
		860	0,4	1,3	8	40				

РГР 4.2 Перетворення в сталях при охолодженні

1 Викреслити строго у масштабі діаграму ізотермічного розпаду аустеніту сталі, заданої в індивідуальному завданні, і вказати структурні складові у всіх ділянках діаграми.

2 Нанести на накреслену діаграму лінії, що характеризують швидкості безупинного охолодження V_1 і V_2 , задані в індивідуальному завданні, від температури $t_{нагр} = A_{c3} + (20)^0C$ (якщо сталь доевтектоїдна) чи $t_{нагр} = A_{cm} + (20)^0C$ (якщо сталь заевтектоїдна). Для графічного зображення швидкостей охолодження V_1 і V_2 визначити миттєву температуру $t_{мгн}$ за формулою

$$t_{мгн} = t_{нагр} - (V_i \tau),$$

де $t_{нагр}$ - температура нагрівання, 0C ;

V_i - задані швидкості охолодження (V_1 і V_2), $^0C/c$;

τ - довільно обраний відрізок часу на осі абсцис, с.

Рекомендується підрахувати 5...6 миттєвих температур і отримані значення нанести у вигляді точок на діаграму ізотермічного розпаду аустеніту. З'єднавши плавною лінією відзначені точки, одержимо графік швидкості охолодження.

3 При кожній швидкості охолодження:

- знайти температуру початку і кінця перетворення аустеніту. Пояснити походження цих температур;
- назвати кінцеву мікроструктуру, що утвориться, зобразити її схематично і позначити структурні складові;
- вказати твердість сталі після охолодження зі швидкостями V_1 і V_2 ;
- дати пояснення перетворень, що відбуваються, і розходжень у структурі та властивостях сталі.

4 Визначити числове значення критичної швидкості загартування.

5 Визначити характер структури й орієнтовану твердість сталі при ізотермічному розпаді аустеніту цієї сталі при температурах 400, 500, 600 0C .

Зміст індивідуального завдання приведено в табл. 4.55.

Таблиця 4.55 – Індивідуальні завдання до РГР 4.2

№ варі- анта	Марка сталі	Швидкості охолодження, °C/c		№ варі- анта	Марка сталі	Швидкості охолодження, °C/c	
		V_1	V_2			V_1	V_2
1	45	1,95	62	26	35М	1,6	55
2	70	2,1	105	27	40М3	0,007	24
3	У9	2,0	100	28	45М5	0,02	47
4	12Н3	0,015	3,5	29	50М	0,006	31
5	40Н3	0,25	37	30	15ХФ	0,025	35
6	20Х	0,05	35	31	40ХФ	0Б22	22
7	35Х2	0,075	11	32	50ХФ	0Ю21	21
8	45Х	0,1	30	33	90ХФ	0,30	7
9	45Х3	0,03	4,5	34	Х12Ф	0,03	0,6
10	ЕХ9К15	0,06	0,40	35	50ГМ	0,01	10
11	ШХ15	0,02	20	36	12Х2Н3	0,06	44
12	90Х	0,3	28	37	12ХН4	0,12	34
13	55С2	10	50	38	20Х2Н2М	0,009	34
14	70С3	0,23	3,3	39	20ХН2	0,06	38
15	45В3	0,008	36	40	20ХН3	0,01	205
16	45В5	2,4	240	41	30ХН3	0,1	0,4
17	Р9	0,007	0,9	42	40ХН	1,0	50
18	35Г2	0,02	21	43	40Х2Н3	0,09	1,3
19	40Г	2,05	100	44	40Х2НФ	0,9	19
20	45Г2	2,0	100	45	5ХНВ	0,02	0,4
21	55Г	0,9	36	46	18ХГ	0,02	37
22	55Г2	1,75	88	47	40ХГ	0,15	10
23	65Г	0,7	30	48	40ХГР	0,15	30
24	65Г2	0,17	4,3	49	5ХГТ	0,01	2,0
25	50Ф	2,2	110	50	ХВГ	0,08	50

4.5 Завдання 5

РГР 5.1 Технологія термічної обробки металевих виробів

Розробити режими попередньої й остаточної термічної обробки деталей, заданих в індивідуальному завданні (табл. 4.56) для забезпечення оговорених властивостей. При виконанні завдання:

1 Для сталевих деталей:

- а) вказати склад сталі, виходячи з марочного позначення, її якість, структурний клас у рівноважному стані, загальне призначення;
- б) описати перетворення, що протікають при нагріванні, витримці й охолодженні на стадії остаточної термообробки;
- в) вказати мікроструктуру сталі на поверхні та у серцевині деталі.

2 Для деталей з чавуну:

- а) виходячи з марочного позначення вказати вид чавуну, його механічні властивості, форму графіту;
- б) описати перетворення, що протікають на стадії охолодження.

3 Для деталей з кольорових металів:

- а) вказати склад сплаву;
- б) охарактеризувати перетворення, що протікають при нагріванні, витримці й охолодженні.

Усі види технологій термічної обробки представити у виді графіка в координатах “ температура ($^{\circ}\text{C}$) - час (год)”.

Таблиця 4.56 – Індивідуальні завдання на розробку технології термічної обробки виробів із сталі, чавуну та кольорових металів
(позначення: \varnothing – діаметр деталі; Δ - товщина деталі)

№ вар.	Найменування деталі	Основ- ний габа- ритний розмір, мм	Матеріал	Потрібні властивості	
				на поверх- ні	в серце- вині
1	2	3	4	5	6
1	1.1 Мітчик машин- ний	$\varnothing 50$	P985	63-64 HRC	63-64 HRC
		$\Delta 300$	30Л-III	160-170 HB	160-170 HB
	1.2 Станина прока- тного стану	$\varnothing 100$	СЧ10	143-229 HB	143-229 HB
	1.3 Будівельні ко- лони	$\varnothing 70$	Бр0Ф10-1 (лиття)	90 HB	90 HB
2	1.4 Черв'ячний ві- нець				
	2.1 Шестерня	$\Delta 30$	20X2H2M	58-62 HRC	35-36 HRC
				170-241 HB	170-241 HB
	2.2 Станина станка	$\Delta 70$	СЧ40	385-400 HB	229-241 HB
3	2.3 Ходове колесо	$\Delta 60$	40ГЛ	105 HB	105 HB
	2.4 Листи	$\Delta 16$	Д16		
	3.1 Вісь	$\varnothing 250$	34XH2M	30-35 HRC	30-35 HRC
				200-220 HB	200-220 HB
4	3.2 Зубчате колесо	$\Delta 70$	35ГЛ- II	143-229 HB	143-229 HB
	3.3 Деталі водяної арматури	$\varnothing 50 \times 20$	СЧ24	45 HB	45 HB
	3.4 Шпангоути	$\Delta 5$	Д16		
	4.1 Шевронна шесте- рня	$\Delta 40$	20XH3A	58-62 HRC	30-35 HRC
4	4.2 Барабан гладкий	$\varnothing 1170 \times$ 620	35Л- II	285-290 HB	285-290 HB
	4.3 Кожух турбіни	$\Delta 100$	СЧ32	163-229 HB	163-229 HB
	4.4 Стрингери	$\Delta 8$	Д16	105 HB	105 HB

Продовження таблиці 4.56

1	2	3	4	5	6
5	5.1 Торсіонний вал	ø 30	60C2A	43-46 HRC	43-46 HRC
	5.2 Стакан	ø 640х 160	35ХМЛ- II	310-320 HB	310-320 HB
	5.3 Колосники	Δ 50	СЧ40	170-241 HB	170-241 HB
	5.4 Лонжерони	Δ 7	Д16	105 HB	105 HB
6	6.1 Вал	ø 250	40Х2Н3	280-320 HB	280-320 HB
	6.2 Колесо гладке	ø 1050х 250	35ХГ2СЛ- II	40-42 HRC	217-269 HB
	6.3 Виливниці	Δ 50	ВЧ60-2	197-269 HB	197-269 HB
	6.4 Силові каркаси	Δ 10	Д16	105 HB	105 HB
7	7.1 Свердлю	Δ 25	Р18	62-64 HRC	62-64 HRC
	7.2 Зубчасте колесо	ø 1370х 360	38ХГ2СЛ- II	45-50 HRC	269-302 HB
	7.3 Поршневі кільця	Δ 10	ВЧ70-3	229-269 HB	229-269 HB
	7.4 Кузов вантажних автомобілей	Δ 2	Д16	105 HB	105 HB
8	8.1 Ролик	ø 60	45	55-56 HRC	180-190 HB
	8.2 Зубчасте колесо	ø 1400х 400	40ХМЛ	45-50 HRC	269-302 HB
	8.3 Жолоб рудний	Δ 60	ВЧ60-2	197-269 HB	197-269 HB
	8.4 Труби	ø 100/90	АВ	95 HB	95 HB

9	9.1 Вал-шестерня	ø 400	40X	280-300 HB	280-300 HB
	9.2 Колесо циліндричне	ø480x90	35Л- III	140-160 HB	140-160 HB
	9.3 Головка дизелів	Δ 40	ВЧ60-2	197-269 HB	197-269 HB
	9.4 Лопаті гвинтів вертольотів	Δ 8	AB	95 HB	95 HB

Продовження таблиці 4.56

1	2	3	4	5	6
10	10.1 Плашка	Δ 15	9ХС	58-60 HRC	58-60 HRC
	10.2 Шків фасон- ний	\varnothing 1900х 300	35Л- II	192 HB	192-241 HB
	10.3 Дифузор	Δ 30	СЧ32	163-229 HB	163-229 HB
	10.4 Рами	Δ 5	АВ	95 HB	95 HB
11	11.1 Вилка пере- микача	Δ 40	35Г2	38-45 HRC	38-45 HRC
	11.2 Зубчатий ві- нець	\varnothing 3000х 400	45Л- III	45-55 HRC	220-260 HB
	11.3 Шари млинів	\varnothing 60	СЧ32	163-229 HB	163-229 HB
	11.4 Двері	Δ 2	АВ	30 HB	30 HB
12	12.1 Гільза цилін- дра	$\varnothing_{\text{вн}}$ 100 $\varnothing_{\text{нар}}$ 150	38ХМЮА	950-100 HV	30-35 HRC
	12.2 Зубчате коле- со	\varnothing 670х 200	40ХЛ- II	55-60 HRC	220-260 HB
	12.3 Лопаті дро- беметів	Δ 30	ВЧ60-2	197-229 HRC	197-229 HRC
	12.4 Обшивка лі- таків	Δ 2	В95	150 HB	150 HB
13	13.1 Черв'як	\varnothing 60	15ХФ	58-62 HRC	28-32 HRC
	13.2 Муфта ступі- нчата	\varnothing 425х 4900	35Л- II	220-260 HB	220-260 HB
	13.3 Проводки со- ртових станів	Δ 100	СЧ44	60-62 HRC	170-241 HB
	13.4 Конструкції	Δ 5	В95	150 HB	150 HB
14	14.1 Фрикційний диск	Δ 40	У8	40-45 HRC	40-45 HRC
	14.2 Шестерня ко- нічна	\varnothing 520х 120	40ХМЛ- II	45-55 HRC	220-280 HB
	14.3 Шнек млинів	Δ 40	ВЧ60-2	45-50 HRC	197-269 HB
	14.4 Підмоторні рами	Δ 3	АК6	105 HB	105 HB

Продовження таблиці 4.56

1	2	3	4	5	6
15	15.1 Палець	ø 30	18ХГТ	56-58 HRC	32-35 HRC
	15.2 Колесо циліндричне	ø 2200х 435	40ХСЛ-ІІ	45-55 HRC	220-260 HB
	15.3 Каналізаційні труби	ø 250/ 200	СЧ35	170-229 HB	170-229 HB
	15.4 Крильчатка	Δ 1,5	AK6	105 HB	105 HB
16	16.1 Пружина циліндрична	ø 30	55C2	45-48 HRC	45-48 HRC
	16.2 Колесо циліндричне	ø 2350х 560	40ХГЛ-ІІ	45-55 HRC	240-280 HB
	16.3 Маховик	ø 800х 100	ВЧ80-3	380-400 HB	380-400 HB
	16.4 Бандажі вагонів	Δ 5	AK8	135 HB	135 HB
17	17.1 Ресори	Δ 10	60C2M2	44-46 HRC	44-46 HRC
	17.2 Втулка	ø 1100х 700	40ХГЛ-ІІ	220-260 HB	220-260 HB
	17.3 Корпус задвижки	Δ 40	СЧ24	143-229 HB	143-229 HB
	17.4 Поршні	ø 60	AK4-1	120 HB	120 HB
18	18.1 Копір	ø 80	38ХМFOA	980-1000 HV	38-40 HRC
	18.2 Обойма ступінчата	ø 1570х 500	49ХГЛ-ІІ	220-260 HB	220-260 HB
	18.3 Кришка корпусу насоса	Δ 15	ВЧ60-2	197-269 HB	197-269 HB
	18.4 Головки циліндрів	Δ 3	AK4-1	120 HB	120 HB
19	19.1 Валок	ø 300	40ХНМА	35-38 HRC	35-38 HRC
	19.2 Важіль	930х160	35ХМЛ-ІІ	260-280 HB	260-280 HB
	19.3 Блок	ø 300х 40	ВЧ60-2	480-490 HB	480-490 HB
	19.4 Лопатки компресорів	Δ 2,5	AK4-1	120 HB	120 HB

Продовження таблиці 4.56

1	2	3	4	5	6
20	20.1 Шабер	Δ 35	У12А	61-62 HRC	61-62 HRC
	20.2 Напівмуфта	ø 250х 100	38ХГ2СЛ- II	185-200 HB	185-200 HB
	20.3 Корпус ізоля- тора	Δ 25	КЧ35-10	163-170 HB	163-170 HB
	20.4 Обшивка літаків	Δ 2	АК4-1	120 HB	120 HB
21	21.1 Колесо вагон- не	Δ 80	65	241-255 HB	241-255 HB
	21.2 Корпус реду- ктора	2630х 470	40ХНЛ-II	241-255 HB	241-255 HB
	21.3 Будівельні колони	ø 200	СЧ28	143-229 HB	143-229 HB
	21.4 Плити	Δ 15	АмГ5	60 HB	60 HB
22	22.1 Шестерня	Δ 60	20ХН3А	58-60 HRC	35-36 HRC
	22.2 Планка плоска	3500х 310	34ХН2МЛ- II	265-285 HB	265-285 HB
	22.3 Фундаментні плити	Δ 300	СЧ28	143-229 HB	143-229 HB
	22.4 Баки для бензи- ну	Δ 1,5	АмГ3	60 HB	60 HB
23	23.1 Вісь	ø 180	38ХГ2С	44-46 HRC	44-46 HRC
	23.2 Кільце	ø 400х 300	38ХГ2СЛ- II	170-185 HB	170-185 HB
	23.2 Станина стан- ка	Δ 100	СЧ40	170-241 HB	170-241 HB
	23.4 Трубопроводи	Δ 1,5	АмГ3	60 HB	60 HB

24	24.1 Валик	ø 40	40	55-56 HRC	180-190 HB
	24.2 Сектор фасон- ний	ø400х 600	30ХНЗЛ-II	48-55 HRC	220-230 HB
	24.3 Блок двигуна	Δ 20	СЧ44	170-241 HB	170-241 HB
	4.4 Вітражі	Δ 2,5	АмГ2	60 HB	60 HB

Продовження таблиці 4.56

1	2	3	4	5	6
25	25.1 Поршневий палець	ø 60	18X2H4BA	60-62 HRC	34-35 HRC
	25.2 Шків	ø 200х 300	40ХЛ-II	185-195 HB	185-195 HB
	25.3 Поршні	ø 180	СЧ36	170-229 HB	170-229 HB
	25.4 Перегородки	Δ 1,5	Амц	55 HB	55 HB
26	26.1 Плунжер	ø 320	38ХВЮА	30-32 HRC	30-32 HRC
	26.2 Напівмуфта	ø 500х 600	30ХГ2СЛ -II	265-285 HB	265-285 HB
	26.3 Дизельні циліндри	ø 160х 100	СЧ36	170-229 HB	170-229 HB
	26.4 Віконні рами	Δ 2	АМц	55 HB	55HB
27	27.1 Протяжка	ø 100	P18Ф2	65-66 HRC	65-66 HRC
	27.2 Цапфа фігурна	ø 500х 540	35ХЛ-2	185-200 HB	185-200 HB
	27.3 Колінчатий вал дизеля	ø 60	ВЧ50-2	49-55 HRC	49-55 HRC
	27.4 Щогли	ø 30	АМг6	70 HB	70 HB
28	28.1 Валик	ø 70	20X2H4A	58-60 HRC	36-35 HRC
	28.2 Шабот	ø 2800х 500	25Л-II	135-140 HB	135-140 HB
	28.3 Кришки циліндра	Δ 30	ВЧ60-2	35-45 HRC	35-45 HRC
	28.4 Елементи ліфтів	Δ 5	АМг6	70HB	70HB
29	29.1 Фреза	Δ 60	P10K5Ф5	64-65 HRC	64-65 HRC
	29.2 Баба копра	ø 930	25Л-II	135-145 HB	135-145 HB
	29.3 Траверса преса	Δ 300	ВЧ80-3	221-241 HB	221-241 HB
	29.4 Щогли судів	ø 40	АМг5	70 HB	70 HB

Продовження таблиці 4.56

1	2	3	4	5	6
30	30.1 Валок гарячої прокатки	ø 600	55X	285 HB	285 HB
	30.2 Подушка	400x 500	40XНМЛ- II	265-285 HB	265-285 HB
	30.3 Прокатні валки	ø 500	ВЧ100-4	55-60 HRC	229-241 HB
	30.4 Рами вагонів	Δ 5	АМг6	70-80 HB	70-80 HB
31	31.1 Напіввісь	ø 280	40ХНФА	255-285 HB	255-285 HB
	31.2 Маховик	ø 1000x 200	50Л-II	175-185 HB	175-185 HB
	31.3 Корпус насосів	Δ 30	ВЧ60-2	167-269 HB	167-269 HB
	31.4 Кришки	ø 45	АЛ2	50-55 HB	50-55 HB
32	32.1 Корпус	Δ 20	АЛ4	70-75 HB	70-75 HB
	32.2 Станина	Δ 400	25Л-II	135-145 HB	135-145 HB
	32.3 Вентилі	Δ 15	ВЧ80-3	229-241 HB	229-241 HB
	32.4 Корпус компресора	Δ 20	АЛ4	70-75 HB	70-75 HB
33	33.1 Плунжер насоса	ø 40	38ХМЮА	980-1000 HV	32-35 HRC
	33.2 Елементи гідротурбін	Δ 250	40ХНМЛ- II	200-220 HB	200-220 HB
	33.3 Картер редуктора	Δ 15	КЧ35-10	163-170 HB	163-170 HB
	33.4 Блоки циліндрів двигуна	Δ 20	АЛ4	70-75 HB	70-75 HB

Продовження таблиці 4.56

1	2	3	4	5	6
34	34.1 Вал-шестерня	∅ 640	40XH	285-300 HB	285-300 HB
	34.2 Зубчатий ві- нець	800х 300	35ХЛ-II	50-55 HRC	135-140 HB
	34.3 Ступиця	Δ 20	КЧ37-12	163-285 HB	163-285 HB
	34.4 Картер дви- гуна	Δ 10	АЛ4	70-75 HB	70-75 HB
35	35.1 Вісь	∅ 250	40Х2НМА	32-35 HRC	32-35 HRC
	35.2 Лопаті гідро- турбіни	Δ 60	35ХЛ-II	55-58 HRC	185-190 HB
	35.3 Крюки	∅ 40	КЧ45-6	241-269 HB	241-269 HB
	35.4 Арматура	∅ 25	АЛ7	60-65 HB	60-65 HB
36	36.1 Шестерня	Δ 30	12ХН3А	58-62 HRC	30-32 HRC
	36.2 Пластини	500х 200	38ХГ2СЛ- II	260-285 HB	260-285 HB
	36.3 Скоби	Δ 40	КЧ50-4	241-271 HB	241-271 HB
	36.4 Кронштейни	Δ 50	АЛ7	70-75 HB	70-75 HB
37	37.1 Зубчате коле- со	Δ 90	45	48-52 HRC	180-190 HB
	37.2 Живильник	∅ 400х 25	30ХН3Л-II	55-58 HRC	170-180 HB
	37.3 Муфти	Δ 50	КЧ33-8	163-241 HB	163-241 HB
	37.4 Поршні	∅ 150	АЛ1	95-98 HB	95-98 HB

Продовження таблиці 4.56

1	2	3	4	5	6
38	38.1 Стамеска по дереву	Δ 15	У7А	55-56 HRC	55-56 HRC
	38.2 Шнек для піску	\varnothing 300х25	30ХН3Л-ІІ	55-58 HRC	170-180 HB
	38.3 Вилка карданного вала	Δ 45	КЧ60-3	269-285 HB	269-285 HB
	38.4 Головки циліндрів двигуна	Δ 10	АЛ1	90-95 HB	90-95 HB
39	39.1 Зубчате колесо	Δ 30	18ХГТ	58-60 HRC	58-60 HRC
	39.2 Хрестовина	\varnothing 50	30ХН3Л-ІІ	58-60 HRC	241-260 HB
	39.3 Вилка карданного вала	Δ 30	КЧ60-3	269-285 HB	269-285 HB
	39.4 Маслопомпи	Δ 15	МЛ5	50-55 HB	50-55 HB
40	40.1 Штамп	\varnothing 35	У10А	62-64 HRC	50-54 HRC
	40.2 Шків	\varnothing 200х60	40ХГЛ-ІІ	348-362 HB	348-362 HB
	40.3 Ролики цепів конвеєра	\varnothing 80	КЧ63-2	48-52 HRC	269-285 HB
	40.4 Труби	Δ 5	ЛАЖ60-1-1	80 HB	80 HB
41	41.1 Мітчик слюсарний	\varnothing 10	У11А	61-63 HRC	61-63 HRC
	41.2 Конвеєрний барабан	\varnothing 300	40ХМЛ-ІІ	35-38 HRC	35-38 HRC
	41.3 Гальмові колоски	Δ 40	КЧ63-2	48-52 HRC	48-52 HRC
	41.4 Гайки натискних гвинтів	\varnothing 400	ЛАЖМц-66-3-2	160-165 HB	160-165 HB
42	42.1 Плашка	Δ 20	ХГЗСВФ	60-62 HRC	60-62 HRC
	42.2 Деталі елеватора	\varnothing 120	30ХМЛ-ІІ	55-60 HRC	35-38 HRC

Продовження таблиці 4.56

1	2	3	4	5	6
42	42.3 Радіатор опалення	Δ 12	СЧ28	143-229 HB	143-229 HB
	42.4 Черв'ячні гвинти	\varnothing 180	ЛАЖМЦ-6-3-2	160-165 HB	160-165 HB
43	43.1 Терпуг	Δ 8	У13А	62-64 HRC	62-64 HRC
	43.2 Валок прокатний	\varnothing 500	50ХФЛ-II	302-341 HB	302-341 HB
	43.3 Кронштейн	Δ 15	СЧ32-52	187-255 HB	187-255 HB
	43.4 Втулки	Δ 20	ЛКС80-3-3	90-95 HB	90-95 HB
44	44.1 Поршневий циліндр	\varnothing 20	12ХН3А	59-62 HRC	30-35 HRC
	44.2 Зубчате колесо	\varnothing 2000х 400	45ХЛ-II	48-50 HRC	180-190 HB
	44.3 Шків	\varnothing 100х 30	КЧ37-12	163-241 HB	163-241 HB
	44.4 Пружини	\varnothing 10	БрОФ-6,5-0,15	90-95 HB	90-95 HB
45	45.1 Карданний вал	\varnothing 80	60С2А	45-48 HRC	45-48 HRC
	45.2 Шабот молота	Δ 500	25Л-II	135-145 HB	135-145 HB
	45.3 Цементацийні ящики	Δ 40	СЧ30	143-229 HB	143-229 HB
	45.4 Мембрани	0,5	БрОЦ4-3	70-75 HB	70-75 HB
46	46.1 Волочильна дошка	Δ 30	Х12М	63-64 HRC	63-64 HRC
	46.2 Траверса преса	Δ 400	35Л-II	165-185 HB	165-185 HB
	46.3 Гирі	\varnothing 60	СЧ28	143-229 HB	143-229 HB
	46.4 Підшипники	\varnothing 300	БрОЦС-4-4-17	62-65 HB	62-65 HB
47	47.1 Ролик	\varnothing 100	12Х2Н3А	60-62 HRC	35-38 HRC

Продовження таблиці 4.56

1	2	3	4	5	6
47	47.2 Станина молота	Δ 350	35Л-II	165-185 HB	165-185 HB
	47.3 Колінчатий вал двигуна	\varnothing 40	ВЧ80-3	950-1000 HV	269-285 HB
	47.4 Черв'ячне колесо	\varnothing 400х50	БрОЦС4-4-17	62-65 HB	62-65 HB
48	48.1 Зенкер	\varnothing 60	P9	61-63 HRC	61-63 HRC
	48.2 Циліндр молота	\varnothing 800х600	35ХЛ-II	35Л-II	35Л-II
	48.3 Вентилі	Δ 12	КЧ37-12	163-229 HB	163-229 HB
	48.4 Проволока для пружин	\varnothing 5	БрБ2	390-395 HB	390-395 HB
49	49.1 Шарики підшипників	\varnothing 10	ШХ15	62-63 HRC	62-63 HRC
	49.2 Пластинчатий живильник	Δ 200	35Х2Л-II	185-195 HB	185-195 HB
	49.3 Корпус редуктора	Δ 15	ВЧ45-5	241-269 HB	241-269 HB
	49.4 Гребний гвинт	\varnothing 900х10	ВТ6	$\sigma_B = 900$ МПа	-
50	50.1 Просічний штамп	\varnothing 100	X12M	52-64 HRC	52-64 HRC
	50-2 Шнек	\varnothing 40х10	20ХЛ-II	50-55 HRC	185-200 HB
	50.3 Корпус редуктора	Δ 15	СЧ48	170-241 HB	170-241 HB
	50.4 Обшивка морських судів	Δ 50	ВТ14	$\sigma_B = 1070$ МПа	-

РГР 5.2 Система маркірування і класифікація металевих матеріалів

Для десяти марок сплавів, зазначених в індивідуальному завданні в табл. 4.57, указати (без використання довідника):

- найменування сплаву;

- хімічний склад (якщо це можливо), виходячи з марочного позначення;
- для сталей: загальне призначення, якість сталі, її відношення до зміцнюючої термообробки, розкислення;
- для чавуну: механічні властивості і форму графіту, виходячи з марочного позначення;
- для кольорових металів: спосіб виготовлення деталі.

Таблиця 4.57 – Варіанти марок сплавів

№ вар.	Марки сплавів				
	1	2	3	4	5
1	БСт2кп	10	А11	09Г2	40Х13
2	ВСт3сп	10кп	АЦ20	20Х2Н4	15ХМФ
3	БСт1	35	АС12	50ХНМ	ШХ9
4	Ст2кп	10пс	АС45Г2	50ХНВ	110Г13Л
5	Ст3пс	05кп	АС40ХГ	ХВГ	Х12
6	Ст1кп	08	30ХГСА	90ХС	В1
7	Ст3сп	15кп	60Г	ХВ4	50Г2СЛ-ІІ
8	Ст4кп	65	60С2	ХВСГ	ШХ15СГ
9	Ст2пс	25	65Г	90ХФ	55Г2А
10	Ст1	45	35Х	Р6М5К	35Л- ІІІ
11	БСт1кп	70	40Х	Р9Ф6	30Х13Л
12	Ст2сп	У7	50ХН	40Х2В5М	60С2Н2А
13	ВСт1сп	80	40ХНМА	В2Ф	50Л-ІІ
14	ВСт3пс	85	18Х2НМА	Р9	ШХ6
15	ВСт1пс	У8А	18ХГТ	30Х2В8Ф	40Х3В2М2А
16	ВСт1кп	08сп	25ХГТ	40Х5В2ФС	90Х2МФА
17	Ст5пс	20	30ХГС	40Х3В2М2Ф	90ХГ3СА
18	Ст6сп	30	40ХН	50ХНТ	90ХС2ФА
19	Ст4пс	60	38ХН3М	50ХНМ	Х12Н
20	МСт5сп	У9	25ХГМ	35СХ8М	08Х21Н9
21	МСт3сп	У11	38ХНМ	40СХ8	10Х19Н9Т
22	ВСт5сп	У13	25Г2С	Р10К5Ф2	60Х6В3МФС
23	ВСт6сп	05пс	08Г2С	Р6М5	08Х21Г7АН5
24	ВСт5сп	55	12ХН3А	130ХФ	25Х2Г3ФЛ-ІІ
25	ВСт6сп	15пс	30ХМЮА	03Х14Н14	35ХГСЮД
26	ВСт4кп	75	20ХГР	ХВС2ГА	110Г13Т2ЮЛ
27	ВСт4сп	У9А	25ХГ2М	Р8М3К6С	90Х2СЮА

Продовження табл. 4.57

№ вар.	Марки сплавів				
	1	2	3	4	5
28	Ст1пс	A30	10XCHД	P18	90X2A-III
29	Ст1сп	A12E	15XCHД	70C3A	35XC2BФЛ-III
30	Ст3кп	A20	16Г2ФДА	P12Ф3	12X13
31	X09	1X20H14C2	70C3A	15ГC	P18
32	9X	0X18H9	50XГ	18Г2C	P9
33	7X3	2X18H9	50XГA	25Г2C	P9K5
34	9XC	1X25H20C1	50XГФА	10Г2CД	P9K10
35	8XФ	1X18H11Б	60C2XA	14XГC	P9Ф5
36	3X3B8	1X13H4Г9	65Г	30XГ2C	P14Ф14
37	4X8B2	1X25T	55ГC	14XГC2H	P18Ф2
38	XB5	1X17H2	60C2XФА	10XГ2CH	P10K5Ф5
39	4XB2C	EX	55C2	10XГ2CH2Д	P18K5Ф2
40	XBГ	1X18H12M2T	60C2A	10X2X3CH2Д	BK3
41	5XHM	Y7	65C2BA	15X2CHД2A	BK6
42	5XB2C	EX3	12X2H4A	12X2Г	BK8
43	5XГM	1X18H12M3T	20XH4ФА	12X2ГH	BK15
44	5XHT	Y7A	60C2H2A	10XГ2H	T5K10
45	6XB2C	E7B6	25XHBA	14Г2	T14K8
46	X12	Y8	40XHMA	09Г2	T15K6
47	X12M	Y8ГA	55CГ	10ГHД	T30K4
48	8XФ	EX5K5	18XГT	10XHД2П	T60K6
49	20X13	Y8A	30XH2MФА	75	B83
50	1X18H9	EX9K15M	15HM	85	BrOЦC6-6-3

Продовження табл. 4.57

№ вар.	Марки сплавів				
	6	7	8	9	10
1	CЧ15	Br010Ф1	АЛ7	Мг96	АСМ
2	KЧ63-2	BrA5	B95	МА1	АЧЦ-1
3	AKЧ-1	M00	МА2-1	AK1	B83
4	BЧ100-4	M1	АЛ2	ВМД1	БК
5	CЧ18	A3	Амц1	МЛ3	B89
6	KЧ37-12	A85	АЛ21	BK8	B6
7	CЧ24	A999	Д16	ВМЛ-1	BT
8	KЧ35-10	Л90	АМг2	BT22	АЧЦ-2

9	АКЧ-2	БрАЖ10-4	АЛЗ	ВТ1-00	БС
---	-------	----------	-----	--------	----

Продовження таблиці 4.57

№ вар.	Марки сплавів				
	6	7	8	9	10
10	СЧ30	ЛЦ30С3	АВ	ВТ-1-1	БН
11	КЧ45-6	Л96	В96	ВТ3-1	ЦАМ10-5
12	ВЧ42-12	ЛК80-3	АК6	ВТ5Л	БТ7
13	СЧ10	Бр03Ц12С	Д20	ВТ3-1Л	Б16
14	КЧ50-4	Бр010	АК4-1	ВТ5	ЦАМ-510
15	СЧ45	ЛЦ40С2	АК8	ВТ1-0	ПОС-90
16	ВЧ50-7	ЛАЖ60-1-1	Д1	ОТ4	АК2,5
17	КЧ30-6	ЛЦ38А1Ж1	АМц	ВТ16	АСС6-6
18	КЧ65-6	ЛЖМц59-1-1	АМг3	ОТ4-1	ПОС-61
19	КЧ80-1,5	ЛС59-1	АЛ19	Т5К10	ПСр-1,5
20	СЧ20	МО	АЛ27	Т14К8	ПСр-72
21	ВЧ89-2	А97	АМг6	ВТ5-1	ПСр-3
22	КЧ60-3	БрБ2	А0	Т30К4	Л130
23	ВЧ120-2	Мг90	ТТ7К14	БрАЖ9-4	ЦА4
24	ВЧ100-2	Бр010Ц2	А8	ВК4	ЦАМ15
25	СЧ25	ЛАК77-2-1	А7	ВТ6	ПСр-2,5
26	ВЧ80-3	ЛЦ38Мц3А1	А6	ВК3	ПСр-10
27	КЧ45-5	ЛК80-4	А5	ВТ14	Л141
28	ВЧ38-17	Бр06Ф0,2	АЛ5	ТТ7К12	ЦАМ-4-1
29	СЧ35	ЛЦ40Мц2	АЛ4	Т15К6	ЦМ1
30	КЧ40-5	БрКН1-3	АЛ1	ВТ20	Л145
31	СЧ12	110Г13Л	МЩ	БрА7	ПМц36
32	СЧ15	50ХГ2СЛ-III	М1	БрАМц10-5	ЦАМ10-5
33	СЧ18	35Л- II	М2	БрАЖМц10-3-1	ЦА15
34	СЧ20	30Х13Л-III	ЛА67-2,5	БрАЖН10-4-4	АЛ1
35	СЧ21	50Л- II	ЛАЖМц 66-6-3-2	БрКМц3-1	АЛ2
36	СЧ24	25Х2Г3ФЛ-III	ЛК80-3	БрКН1-3	АД1
37	СЧ28	110Г13ТЮСЛ- III	ЛКС80-3-3	БрБ2	Амц2
38	СЧ32	35ХГ2СЛ- II	ЛМцС58-2-2	БрКд1	АМг3
39	СЧ35	40ХЛ-II	М3	БрХ0,5	Д16
40	СЧ38	30ХНЛ-III	ЛМцОС 58-2-2	БрАЖС7-1-1	Д3П

41	ВЧ45-5	30Д2XCH2Л-III	ВЧ45-5	30Д2XCH2Л-III	A8
----	--------	---------------	--------	---------------	----

Продовження таблиці 4.57

№ вар.	Марки сплавів				
	6	7	8	9	10
42	ВЧ40-10	35Л- II	ЛМцЖ52-4-1	БрМцНКС5-2-1-20	АК2
43	ВЧ50-1,5	35Х2Л- II	ЛС59-1	БрАМц10-2	Б95
44	ВЧ60-2	40Х2НЛ- III	Л96	БрС30	АОО
45	КЧ30-6	35ХМЛ- III	Бр0ЦСН3-7-5-1	БрСН60-2	А1
46	КЧ33-8	35НГ2ВЛ- II	Б83	БрОЦС3-12-5	Д1
47	КЧ35-10	30Х2НЛ- II	Л70	БркмЦ3-1	Бр16
48	КЧ37-12	30ХН2ВЛ-III	ПОС90	БрОФ6,5-0,4	ПСр10
49	КЧ45-6	40ХН2ТЛ-III	Бр0Ф10-1	Сормайт № 1	ПОС40
50	КЧ50-4	25Л- I	БрА5	Стелліт	ПОС40

5 МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО РОЗРАХУНКІВ КОЕФІЦІЄНТІВ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ (РІВНЯННЯ РЕГРЕСІЇ), ЗАДАНОЇ ВІДПОВІДНИМ РІВНЯННЯМ (до виконання розрахунків по РГР 1.2)

Розрахунки по визначенню коефіцієнтів рівнянь регресії досить трудомісткі, навіть при використанні калькуляторів. Тому рекомендується використовувати ПЕОМ. Для цього студент повинний вивчити математичний алгоритм розрахунків, приведених у цьому розділі, далі скласти програму на ПЕОМ і, ввівши в машину дані свого індивідуального завдання, зробити відповідні розрахунки.

Виконавши розрахунки, студент зобов'язаний записати отримане рівняння регресії з числовими коефіцієнтами, далі, підставляючи дані індивідуального завдання в отримані рівняння, розрахувати числове значення аналізованого параметра, побудувати дві криві – одну за даними завдання, іншу – з розрахунку за отриманим рівнянням регресії, зіставити обидві криві і сформулювати висновок про причини розбіжності даних за обома графіками.

5.1 Математичний алгоритм розрахунків коефіцієнтів рівняння регресії типу

$$y = a + vx. \quad (5.1)$$

Шуканими є коефіцієнти a і b . Їх підраховують за експериментальними даними, приведеними в індивідуальному завданні.

5.1.1 Рівняння (5.1) виражає пряму лінію, тому шукані коефіцієнти знаходять за методом найменших квадратів за формулами:

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} ; \quad (5.2)$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - b \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} , \quad (5.3)$$

де n – число дослідів, оговорених в індивідуальному завданні;

x_i , y_i - числові значення кожного заданого параметра.

Для зручності розрахунки варто робити, заповнивши табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Табличні дані для розрахунків коефіцієнтів a та b рівняння (5.1)

№№ дослідних даних	Числові значення величин				
	x_i	y_i	$x_i y_i$	x_i^2	$x_i \sum_{i=1}^n y_i$
1					
2					
...i					
Σ	$\sum_{i=1}^n x_i$	$\sum_{i=1}^n y_i$	$\sum_{i=1}^n x_i y_i$	$\left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2$	$\sum \left(x_i : \sum_{i=1}^n y_i \right)$

5.1.2 Необхідно:

1 Виконати розрахункові операції з використанням ПЕОМ за заздалегідь складеною студентом програмою.

2 Побудувати графік залежності даного параметра y від другого параметра x .

3 Нанести на графік експериментальні точки параметра y відповідно до варіанта завдання, пояснити розсіювання точок і роль графіка.

4 Зробити висновок про виявлені закономірності.

5 Дати характеристику параметра y , описати спосіб його експериментального визначення.

6 Указати, у яких виробничих ситуаціях відомості про даний параметр необхідні.

7 Записати кінцевий вигляд рівняння (5.1) з числовими значеннями коефіцієнтів a і b .

5.2 Математичний алгоритм розрахунків коефіцієнтів рівняння регресії типу

$$y = Ae^{x\alpha}. \quad (5.4)$$

Шуканими є коефіцієнти A і α . Їхній підрахунок рекомендується робити за наступним алгоритмом на підставі експериментальних даних, приведених в індивідуальному завданні.

5.2.1 Прологарифмуємо рівняння (5.4), одержимо:

$$\lg y = \lg A + x\alpha \cdot \lg e.$$

Тому що $\lg e = 0,434$, одержимо:

$$\lg y = \lg A + 0,434 \alpha x. \quad (5.5)$$

5.2.2 Введемо позначення $\lg y = z$; $\lg A = a$; $0,434\alpha = v$, тоді з урахуванням позначень рівняння (5.5) прийме вид

$$z = a + vx. \quad (5.6)$$

Рівняння (5.6) аналогічно рівнянню (5.1) за п.5.1, виражає пряму лінію, і шукані коефіцієнти a й v знаходять відповідно до рекомендацій, викладених у п.5.1.1.

5.2.3 Обчисливши коефіцієнт a , взяти за його числом антилогарифм і одержати числове значення коефіцієнта A .

5.2.4 За обчисленим значенням коефіцієнта v обчислити параметр α із рівняння $\alpha = \frac{v}{0,434}$.

5.2.5 Записати остаточне рівняння (5.4) з обчисленими числовими значеннями коефіцієнтів A і α .

5.2.6 Виконати усі вимоги п.5.1.2.

5.3 Математичний алгоритм розрахунків коефіцієнтів рівняння регресії типу

$$y = Ax^{-\alpha} . \quad (5.7)$$

Шуканими є коефіцієнти A і α . Їхній підрахунок рекомендується робити за наступним алгоритмом на підставі експериментальних даних, приведених в індивідуальному завданні.

5.3.1 Прологарифмуємо рівняння 5.7, одержимо

$$lq y = lq A - \alpha \cdot lq x. \quad (5.8)$$

5.3.2 Введемо позначення $lq y = z$; $lq A = a$; $-\alpha = v$; $lq x = x_z$. Тоді рівняння (5.8) прийме вид

$$z = a + vx_c . \quad (5.9)$$

Рівняння (5.9) аналогічно рівнянню (5.1) за п. 5.1, виражає пряму лінію, і шукані коефіцієнти a і v знаходять відповідно до рекомендацій, викладених у п. 5.1.1.

5.3.3 Обчисливши коефіцієнт a , взяти за його числом антилогарифм і одержати числове значення коефіцієнта A .

5.3.4 За обчисленим значенням коефіцієнта y взяти його зі знаком (-) і присвоїти йому індекс (α).

5.3.5 Записати остаточне рівняння (5.7) з обчисленими числовими значеннями коефіцієнтів A і $-\alpha$.

5.3.6 Виконати усі вимоги п. 5.1.2.

5.4 Математичний алгоритм розрахунків коефіцієнтів рівняння регресії типу

$$y = Ax^{\alpha} \quad (5.10)$$

Шуканими є коефіцієнти A і α . Їхній підрахунок рекомендується робити за наступним алгоритмом на підставі експериментальних даних, приведених в індивідуальному завданні.

5.4.1 Прологарифмуємо рівняння (5.10), одержимо

$$lq y = lq A + \alpha \cdot lq x. \quad (5.11)$$

Введемо позначення $lq y = z$; $lq A = a$; $\alpha = v$; $lq x = x_z$. Тоді рівняння (5.11) прийме вид

$$z = a + vx_z \quad (5.12)$$

Рівняння (5.12) аналогічно рівнянню (5.1) за п.5.1 виражає пряму лінію і шукані коефіцієнти a і b знаходять відповідно до рекомендацій, викладених у п. 5.1.1.

5.4.3. Обчисливши коефіцієнт a , узяти за його числом антилогарифм і одержати числове значення коефіцієнта A .

5.4.4 Обчислене значення b дорівнює α , тобто $\alpha = b$.

5.4.5 Записати остаточне рівняння (5.10) з обчисленими числовими значеннями коефіцієнтів A і α .

5.4.6 Виконати усі вимоги п.5.12.

ЗМІСТ

1	Загальні положення.....	3
2	Зміст дисципліни	4
2.1	Найменування тем, обсяг аудиторних занять у годинах....	4
2.2	Зміст тем, що рекомендуються літературою.....	7
2.3	Список основної і додаткової літератури	21
3	Питання для підготовки до підсумкових контролів	22
4	Індивідуальні завдання.....	29
4.1	Завдання 1.	29
	РГР 1.1 Атомно-кристалічна будова металів.....	29
	РГР 1.2 Механічні властивості металів і встановлення їхньої залежності від різних факторів.....	30
4.2	Завдання 2	47
	РГР 2.1 Діаграми стану двокомпонентних систем. Пластична деформація і рекристалізація	47
4.3	Завдання 3	63
	РГР 3.1 Розрахунки механічних властивостей при статичному навантаженні.....	63
	РГР 3.2 Залізовуглецеві сплави	68
4.4	Завдання 4	70
	РГР 4.1 Перетворення в сталях при нагріванні (утворення аустеніту).....	70
	РГР 4.2 Перетворення в сталях при охолодженні	85
4.5	Завдання 5	87
	РГР 5.1 Технологія термічної обробки металевих виробів	87
	РГР 5.2 Система маркування і класифікація металевих матеріалів	98
5	Методичні рекомендації з розрахунків коефіцієнтів математичної моделі (рівняння регресії), заданої відповідним рівнянням (до виконання розрахунків з РГР 1.2)	102

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

і індивідуальні завдання
до самостійної роботи з курсу
«Металознавство, теорія і технологія
металообробки»
для студентів спеціальності 7.090403
*«Ливарне виробництво чорних і кольорових
металів»*

Укладач
Редактор

Михайло Якович Белкін
Наталія Володимирівна Єрьоміна

186/2001. Підп. до друку

Формат 60x84/16

Замовлення №

Офсетний друк. Ум. друк. арк. 7.0.

Обл.-вид. арк. 5.09.

Тираж 30 прим.

ДДМА. 84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова 72