

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

та індивідуальні завдання до самостійної роботи
з курсу «Термічна обробка металів»
для студентів спеціальностей
7.090403 “Ливарне виробництво” і
7.090404 «Обробка металів тиском»

Краматорськ 2002

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

та індивідуальні завдання до самостійної роботи
з курсу «Термічна обробка металів»
для студентів спеціальностей 7.090403 “Ливарне виробництво”
і 7.090404 «Обробка металів тиском»

Затверджено на засіданні кафедри
металознавства, технології
та термічної обробки металів
протокол № 7 від 5 грудня 2001р.

**Перезатверджено на засіданні
кафедри ТОЛВ
Протокол №2 від 28.08.2012**

Краматорськ 2002

УДК 669.016075.8

Методичні вказівки та індивідуальні завдання до самостійної роботи з курсу «Термічна обробка металів» для студентів спеціальностей 7.090403 “Ливарне виробництво” і 7.090404 «Обробка металів тиском» /Укл. М.Я. Белкін. – Краматорськ: ДДМА, 2002 - 48 с.

Приведена програма дисципліни з коротким змістом лекцій, з вказівкою рекомендованої літератури, а також зміст контрольованої самостійної роботи студентів і теми програмованого контролю.

Укладач
Відповідальний за випуск

М.Я. Белкін, проф.
М.Я. Белкін, проф.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Курс “Термічна обробка металів” є однією з профілюючих дисциплін підготовки інженерів-технологів зі спеціальності “Обробка металів тиском”. У сучасному машинобудуванні роль термічної обробки дуже велика і з кожним роком її значення в машинобудуванні зростає. Значна кількість сталених виробів піддається термічній обробці як на стадії заготівельних процесів, так і на стадії остаточної обробки. Зменшення маси машин, економна витрата металів в конструкціях, výroбах, інструментах при одночасному поліпшенні їх якості може бути здійснено при умові придання металу оптимальних властивостей. Це досягається, в першу чергу, правильною термічною обробкою. Широке впровадження термічної обробки в практику металургійного і машинобудівного виробництва, проведення процесів термічної обробки на базі сучасних досягнень науки і практики з метою отримання оптимальних властивостей металів – основний шлях вирішення задачі підвищення надійності і довговічності деталей машин, економії металів та енергоресурсів.

Важливим фактором засвоєння програмного матеріалу дисципліни, що вивчається, є самостійна робота. Вона включає самостійне вивчення теоретичної частини курсу шляхом використання підручників і конспекту лекцій, придбання навиків самостійного вирішення інженерних задач на основі знань теоретичних положень курсу та виконання лабораторно-практичних завдань. Ці методичні вказівки направлені на полегшення засвоєння курсу. Вони складаються з двох частин. В першій частині наведені теми лекцій, які читаються студентам за даним курсом, викладено зміст кожної лекції з вказівкою літератури для самостійного пророблення та поглиблення знань.

Друга частина методичних вказівок містить перелік тем програмованих контролів, проведення яких здійснюється викладачем за спеціальним графіком. По кожній темі програмованого контролю вказані теми лекцій для відповідної підготовки. Друга частина методичних вказівок містить тексти індивідуальних завдань, що видаються студентам як розрахунково-графічні роботи (РГР). У завданнях приділена увага рекомендаціям з використання для розрахунків ПЕОМ.

1 ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

1.1 Найменування тем, обсяг занять в годинах

Таблиця 1 – Витяг з навчальної програми

№ теми	Найменування теми	Годин на вивчення		
		всього	у тому числі	
		го	лекцій	лабор.
1	2	3	4	5
01	Вступ. Сутність і призначення термічної обробки в металургійній та машинобудівній промисловості. Класифікація видів термообробки. Екологічні проблеми. Питання енергозбереження	1	1	-
02	Процеси, що відбуваються у сталі при повільному нагріванні. Утворення аустеніту	9	1	8
03	Зерно в сталі. Вплив величини зерна аустеніту на механічні і технологічні властивості сталі	6	2	4
04	Перетворення, що відбуваються в сталі при повільному охолодженні. Механізм і кінетика розпаду переохолодженого аустеніту	1	1	-
05	Перетворення у сталі, що відбуваються при безперервному охолодженні. Мартенситне перетворення у сталях. Механізм і кінетика проміжного перетворення	1	1	-
06	Технологія відпалу, види і призначення. Первинна і вторинна термообробка	5	1	4
07	Нормалізація сталі. Економічна ефективність. Вибір параметрів	1	1	-
08	Гартування сталі. Вибір параметрів технології	5	1	4
09	Технологія відпуску. Відпускна крихкість, теорія старіння	5	1	4
10	Поверхневі методи гартування. Термомеханічна обробка сталі і сплавів	1	1	-

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
11	Загальні закономірності хіміко-термічної обробки сталі. Технологія цементації	3	1	2
12	Технологія азотування та ціанування	1	1	-
13	Склад, термічна обробка та властивості конструкційних матеріалів	5	1	4
14	Склад, термічна обробка та властивості інструментальних і штампових сталей. Термообробка теплостійких та жароміцних сталей. Термообробка сплавів алюмінію	4	2	2
	Всього	48	16	32

1.2 Зміст тем, рекомендована література

Тема 01. Вступ. Сутність і призначення термічної обробки в металургійній та машинобудівній промисловості. Класифікація видів термообробки. Екологічні проблеми. Питання енергозбереження.

Предмет термічної обробки. Історія розвитку термообробки.

Значення робіт П.П. Аносова, Д.К.Чернова – основоположників науки про термічну обробку сталі. Структура курсу. Цілі та задачі курсу і його зв'язок з іншими дисциплінами. Роль термічної обробки у відношенні зниження маси, підвищення довговічності та якості виробів, економії матеріалів, підвищення ефективності виробництва, економії теплоносіїв.

Екологічні проблеми і охорона навколишнього середовища: основні види шкідливих викидів, супутні термообробці, засоби зниження їх шкідливої дії на повітряний басейн. Охорона навколишнього середовища – задача державної ваги.

Література [1, с.99-126; 6, с.3-10]

Тема 02. Процеси, що відбуваються у сталі при повільному нагріванні. Утворення аустеніту.

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

Перетворення ферито-перлітної суміші в аустеніт і кінетика процесу. Гомогенізація аустеніту. Вплив вихідної структури, умов розкислення та складу сталі на утворення аустеніту і розміри його зерна. Перетворення перліту при безперервному нагріванні.

Література [5, с.7-6; 6, с.100-136]

Тема 03. Зерно в сталі. Вплив величини зерна аустеніту на механічні і технологічні властивості сталі.

Зерно аустеніту, основні визначення: спадково дрібно- та крупнозерниста сталі. Фізична природа схильності зерна аустеніту до росту.

Способи визначення величини зерна за ДСТ. Вплив хімічного складу, способу виплавки на схильність зерна аустеніту до росту. Вплив величини зерна на технологічні і механічні властивості. Дійсне зерно сталі. Перегрів і перевідпал.

Література [3, с.232-243, 47-54]

Тема 04. Перетворення, що відбуваються в сталі при повільному охолодженні. Механізм і кінетика розпаду переохолодженого аустеніту.

Загальна теорія розпаду переохолодженого аустеніту, вплив ступеню переохолодження. Кінематика і механізм перетворення переохолодженого аустеніту у перлітній і проміжній ділянках. Діаграма ізотермічного розпаду переохолодженого аустеніту, її побудова, теоретична значимість. Структура продуктів перетворення і їх властивості. Фактори, що впливають на механізм і кінетику розпаду переохолодженого аустеніту. Роботи Гуляєва О.П., Гардіна О.І. Діаграма ізотермічного розпаду аустеніту до- і заевтектоїдних сталей, легованих сталей.

Література [6, с.136-146]

Тема 05. Перетворення у сталі, що відбуваються при безперервному охолодженні. Мартенситне перетворення у сталях. Механізм і кінетика проміжного перетворення.

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, остаточний аустеніт. Стабілізація остаточного аустеніту.

Вплив умов охолодження на перетворення аустеніту в мартенсит. Вплив швидкості безперервного охолодження. Роботи В.Д. Садовського. Вплив складу сталі та технологічних факторів на критичну швидкість гартування. Термокінетичні діаграми перетворення аустеніту, їх практичне значення при термообробці. Вплив вуглецю і легуючих елементів на ізотермічний розпад аустеніту.

Література [5, с.76-88; 6, с.181-227]

Тема 06. Технологія відпалу, види і призначення. Первинна і вторинна термообробка.

Технологія термообробки. Види та мета відпалу. Відпал 1 і 2 роду, їх особливості. Принципи вибору основних параметрів технології. Класифікація сталі за флокеночутливістю. Повний відпал сталі, призначення, режими. Неповний відпал сталі, призначення, режими. Ізотермічний відпал сталі, призначення, режими. Світлий відпал. Режими відпалу крупних поковок. Відпал сталюого литва. Низькотемпературний відпал. Відпал на зернистий перліт. Відпал холоднодеформованої сталі. Вплив відпалу на структуру і механічні властивості гарячodeформованої сталі.

Екологічні аспекти: тепловиділення, вплив на навколишнє середовище. Заходи зниження тепловиділень. Способи економної витрати палива.

Література [6, с.27-92, 146-156]

Тема 07. Нормалізація сталі. Економічна ефективність. Вибір параметрів.

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

Обладнання для відпалу і нормалізації. Окислення і обезвуглецювання сталі. Захисні атмосфери, безокислювальне нагрівання.

Дефекти, що виникають при відпалі та нормалізації (обезвуглецювання, перегрів, перевідпал, короблення).

Література [5, с.291-294]

Тема 08. Гартування сталі. Вибір параметрів технології.

Визначення операції гартування. Фактори, що визначають результати гартування. Швидкість і температура нагрівання під загар-

тування. Швидкість охолодження і характеристика охолоджуючих середовищ, поняття про ідеальний охолоджувач. Деформація сталі при загартуванні. Прогартованість і загартованість сталі. Вплив прогартованості на структуру і властивості сталі, схема О.П.Гуляєва. Різновидності гартування. Поняття про оптимальний спосіб гартування, вплив складу і форми деталей. Технологія і галузь застосування: гартування в одному охолоджувачі, гартування у двох середовищах, струменеве гартування, гартування з самовідпуском, ступінчате гартування, ізотермічне гартування. Поняття і галузь застосування бездеформаційного гартування. Гартування на стабільні розміри. Обробка холодом.

Література [4, с.262-272]

Тема 09. Технологія відпуску. Відпускна крихкість, теорія старіння.

Визначення операції відпуску сталі. Теорія відпуску сталі, чотири перетворення, фізична сутність перетворень, що протікають. Вплив температури відпуску на структуру і механічні властивості загартованої сталі. Термічне поліпшення. Крихкість сталі при відпуску. Оборотна і необоротна крихкості.

Старіння сплавів на основі заліза. Теорія старіння. Встановлення режиму відпуску. Обладнання для нагріву під гартування та відпуск сталі. Дефекти, що виникають при гартуванні і відпуску. Роботи українських вчених у галузі удосконалення технології конкретних видів термообробки. Роботи кафедри металознавства ДДМА.

Література [6, с.303-333]

Тема 10. Поверхневі методи гартування. Термомеханічна обробка сталі і сплавів.

Сутність і призначення поверхневого гартування, класифікація методів. Поверхневе гартування при нагріванні у свинцевих ваннах. Полум'яне поверхневе гартування. Поверхневе гартування при нагріванні в електроліті. Контактне нагрівання. Гартування при нагріванні струмами високої частоти. Способи індукційного нагрівання для цілей металообробки.

Вплив параметрів індукційного нагрівання на структуру і механічні властивості загартованої сталі. Напруження в поверхнево загартованій сталі. Опір втомленості. Діаграма допустимих та переважних режимів при високочастотному нагріванні під гартування. Пере-

ваги та недоліки індукційного гартування. Гартування з нагрівання лазером.

Сутність ТМО-сполучення пластичної деформації сталі з її гартуванням. Фізична сутність зміцнення. Два засоби термомеханічної обробки – високотемпературна обробка (ВТМО) та низькотемпературна обробка (НТМО). Механіко-термічна обробка сталі.

Марформінг (деформація мартенситу). Практика термомеханічного зміцнення.

Література [5, с.298-323, 333-361]

Тема 11. Загальні закономірності хіміко-термічної обробки сталі. Технологія цементації.

Визначення операцій хіміко-термічної обробки сталі. Загальні закономірності дифузійних процесів, теорія явищ. Будова дифузійного шару з врахуванням діаграми стану.

Цементация сталі. Вплив температури, тривалості цементації і вмісту в сталі легуючих елементів на результати цементації. Сталь для цементації.

Тверді, рідкі та газоподібні карбюризатори. Практика проведення цементації. Обладнання, що застосовується.

Термічна обробка цементованих виробів. Структура і властивості цементованої сталі. Основні шкідливості, що виникають при цементації, охорона навколишнього середовища.

Література [6, с.361-368; 4, с. 207-320]

Тема 12. Технологія азотування та ціанування.

Хімізм процесу азотування. Властивості азотованого шару. Сталі для азотування. Антикорозійне азотування. Азотування легованої сталі з метою поверхневого зміцнення. Порівняння азотування і цементації як двох методів хіміко-термічної обробки.

Ціанування сталі. Структура і властивості ціанованої сталі. Низькотемпературне ціанування в рідких, газових і твердих середовищах. Ціанування інструментальних сталей. Техніка безпеки.

Екологічні аспекти: основні шкідливості, що виникають при виконанні азотування та ціанування. Методи зниження негативного впливу цих шкідливостей на повітряний басейн.

Література [4, с.320-330]

Тема 13. Склад, термічна обробка та властивості конструкційних матеріалів.

Вимоги, що пред'являються до конструкційних сталей. Конструкційні сталі, що цементуються. Умови експлуатації виробів, що цементуються і вимоги, що пред'являються до них. Конструкційні сталі, що поліпшуються. Вибір поліпшеної сталі в залежності від умов навантаження, міцності, що вимагається, та перерізу виробу.

Вуглецеві конструкційні сталі, їх склад, властивості, термічна обробка. Особливості термічної обробки кувальних сталей, у тому числі хромистих, хромонікелевих, хромонікельмолібденових та інших конструкційних сталей. Термічна обробка ресорно-пружинних сталей, високо марганцевих литих сталей. Дефекти легованих сталей, флокени та заходи боротьби.

Література [3, с.364-411]

Тема 14. Склад, термічна обробка та властивості інструментальних і штампових сталей. Термообробка теплостійких та жароміцних сталей. Термообробка сплавів алюмінію.

Вимоги, що пред'являються до інструментальних сталей, виходячи з умов роботи інструменту. Склад, термічна обробка, властивості вуглецевих і легованих інструментальних сталей. Швидкоріжучі сталі, литі сталі, штампові сталі для деформування металу в холодному стані та для деформування в гарячому стані.

Умови роботи сталі. Жароміцність, червоність, термостійкість, в'язкість, прогартованість, відпускна крихкість. Злипаємість сталей для гарячих штамів. Сталі, що застосовуються, практика термічної обробки. Тверді сплави: литі і металокерамічні. Вимоги, що пред'являються до теплостійких жароміцних сталей і сплавів. Оцінка жароміцних властивостей, вплив структури і складу на жароміцність. Класифікація жароміцних матеріалів. Перлітні та мартенситні жароміцні сталі. Литі сталі. Нержавіючі сталі. Хромисті нержавіючі сталі. Хромонікелеві нержавіючі сталі. Кислотостійкі сталі і сплави. Термообробка сплавів алюмінію.

Література [3, с.411-447, 448-49]

1.3 Основна і додаткова література

1 Гуляев А.П. Металловедение. – М.: Металлургия, 1986. - 483 с.

2 Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. – М.: Металлургия, 1978. - 391 с.

3 Гуляев А.П. Термическая обработка стали. – М.: Машгиз, 1960. - 495 с.

4 Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка. – М.: Металлургия, 1986. - 471 с.

5 Гуляев А.П. Металловедение. – М.: Металлургия, 1978. - 647 с.

6 Новиков И.И., Захаров М.В. Термическая обработка металлов и сплавов. – М.: Металлуриздательство, 1962. - 429 с.

7 Лившиц Б.Г., Крапошин В.С., Линецкий Я.Л. Физические свойства металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1980. - 320 с.

8 Натанов Б.С. Термическая обработка металлов. - Киев: Вища школа, 1980. - 288 с.

2 САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТІВ

2.1 Теми програмованого (безмашинного) контролю (ПК) та номери тем, що включені в даний контроль

Таблиця 2 – Теми програмованого контролю

№ ПК, перелік тем, включених в ПК	Найменування тем програмованого контролю
1	2
ПК 3; “вхідний” контроль	Діаграма стану залізовуглецевих сплавів
ПК 20; 01,02,03	Перетворення в сталі при нагріванні
ПК 24; 04,05	Перетворення в сталі при охолодженні
ПК 31; 06,07	Попередня термічна обробка сталі (відпал і нормалізація)
ПК 25; 08,09	Гартування і відпуск сталі
ПК 29; 10,11,12	Хіміко-термічна обробка та поверхневе гартування
ПК 30; 13,14	Термічна обробка конструкційних, інструментальних і штампових сталей

2.2 Теми та зміст завдань розрахунково-графічних робіт (РГР)

2.2.1 Розрахунково-графічна робота 1.1

Тема: Перетворення в сталях при нагріванні (утворення аустеніту)

Зміст завдання

На основі проведених експериментів, результати яких складають індивідуальні завдання (табл. 3):

1) розрахувати коефіцієнти математичної моделі (рівняння регресії), що зв'язує температуру та 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, користуючись отриманими регресивними рівняннями;

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

4) сформулювати висновки.

1 Алгоритм рішення поставлених задач в РГР 1.1

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

$$t = A \cdot \tau^{-\alpha}, \quad (1)$$

де t – температура ізотермічної витримки, $^{\circ}\text{C}$;

τ - час до початку або кінця утворення аустеніту;

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

Методика розрахунку шуканих коефіцієнтів A і α

1.1 Прологарифмуємо рівняння (1), отримаємо

$$\lg t = \lg A - \alpha \lg \tau. \quad (2)$$

1.2 Введемо позначення: $\lg t = y$; $\lg A = a$; $-\alpha = b$; $\lg \tau = x$, тоді рівняння (2) прийме вид

$$y = a + bx. \quad (3)$$

1.3 Формула (3) виражає пряму лінію. Шукані коефіцієнти a і b обчислюють способом найменших квадратів за формулами:

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}; \quad (4)$$

Таблиця 3 – Зміст індивідуальних завдань для побудови діаграми ізотермічного утворення аустеніту (до РГР 2.2.1)

№ вар.	Марка сталі	Експериментальні дані для побудови діаграми ізотермічного утворення аустеніту сталі					Дані для вивчення впливу швидкості безперервного нагрівання на процеси аустенітизації			
		Температура ізотермічної витримки, °C	Інкубаційний період (час до початку переходу П→А), с	Сумарний час (для завершення перетворення П→А), с	Загальний час утворення аустеніту, с	Час до завершення гомогенізації аустеніту, с	Початкова температура нагрівання, °C	Швидкості нагрівання, °C/сек		
								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	1,0	2,0	10	100				
2	40X	780	11	30	4000	100000	650	0,15	0,35	0,55
		810	4	8	200	4000				
		830	2,3	5	70	1000				
		850	1,8	3	28	300				
		870	1,2	2,5	15	150				

Продовження таблиці 3

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	20	150	5000				
		840	6,5	13	80	900				
		850	5	9	50	500				
		860	4	7	35	320				

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	60C2	760	15	600	4000	60000	650	0,1	0,2	0,3
		780	5	130	1000	7000				
		800	2	45	380	1800				
		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	65C2	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				

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
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	0,41	0,8	2,0	15				
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				
		840	0,3	1,0	5	22				
		880	0,2	0,7	2,5	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				
		870	0,25	0,85	3	12				
		880	0,18	0,7	2,2	10				

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
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	20	100				
		840	0,25	0,9	6	26				
		860	0,18	05	2	10				
17	40X2 МА	740	320	1600	6000	29000	660	0,1	0,3	0,6
		760	40	210	1000	4000				
		780	10	60	300	1100				
		840	1,8	7	32	160				
		880	1,2	5	20	70				
18	45ХГ2 СА	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				

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
19	60С2Н2	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	70С3Ф	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				
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	4,3	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				

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
23	20ХНЗ	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	25ХНЗ	740	70	550	5000	20000	660	0,20	0,35	0,45
		760	14	70	35	2500				
		800	2,8	12	43	360				
		820	1,8	8	27	210				
		860	1,3	5,7	18	150				
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				
		790	2,2	18	120	1400				
		810	1,5	10	73	900				
		860	1,0	6	45	200				

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
27	40X2НФ	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	40X2НЗ	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				
		840	0,8	1,4	7	32				
		880	0,55	0,8	2,2	10				
30	38ХФА	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				

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	19	11
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	32				
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				
34	40НЗ	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				

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
35	40Н5	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	0,9	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	9000	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	50	150	900				
		820	1,4	7,5	35	250				
		840	0,8	5	22	180				
		880	0,4	2,2	10	90				

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
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 3

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	200	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 3

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	4500	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				

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - b \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (5)$$

де n – число дослідних даних індивідуального завдання.

1.4 На підставі п. 1.2 з виразу $\lg A = a$, потенціуючи результати розрахунків за формулою (5), визначимо числове значення A . З виразу $\alpha = b$, з розрахунків за формулою (4) визначимо числове значення α .

1.5 Маючи вичислені значення A і α , запишемо остаточний вираз математичної моделі за формулою (1) з числовими значеннями коефіцієнтів A і α .

1.6 Такі розрахунки виконувати для даних табл. 3 для чотирьох випадків:

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

Примітка: розрахунки з визначення коефіцієнтів регресії достатньо складні, тому студенту рекомендується ці розрахунки виконувати з використанням ПЕОМ. Для цього необхідно скласти відповідну програму. Зразок такої програми є на кафедрі.

2 Побудова діаграми утворення аустеніту

2.1 Побудувати напівлогарифмічну систему координат: вісь ординат (температура у $^{\circ}\text{C}$) у рівномірному масштабі, вісь абсцис (час у секундах) у логарифмічній системі.

2.2 Зобразити графічно рівняння регресії, отримані в п.1.5 роздільно для трьох процесів: початку утворення аустеніту, кінця його утворення та кінця гомогенізації. Для цього задавати довільно відрізки часу в секундах, підставити в отримане рівняння та підрахувати відповідну температуру. З'єднавши плавними лініями відмічені точки, отримаємо діаграму ізотермічного утворення аустеніту. Нанести також температуру A_1 з довідкової літератури для заданої сталі.

2.3 Усі ділянки отриманої діаграми позначити відповідними структурними складовими.

3 Встановлення впливу швидкості безперервного нагрівання на процеси аустенітизації

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

$$t_{\text{мит}} = t_{\text{ноч}} + (V_i \tau),$$

де $t_{\text{ноч}}$ – початкова температура нагрівання, задана у графі 8 табл. 3;

V_i – швидкість нагрівання, що розглядається (відповідно графі 9, 10, 11 табл. 3);

τ – довільно взятий відрізок часу в секундах.

Рекомендується підрахувати 5...6 миттєвих температур, відмітивши їх відповідними точками на діаграмі ізотермічного утворення аустеніту. З'єднавши точки плавною лінією, отримаємо графічне зображення швидкості нагрівання.

3.2 Знайти точки перетину ліній швидкостей нагрівання з лініями діаграми та зробити відповідні висновки про вплив швидкості безперервного нагрівання на процеси аустенізації.

2.2.2 Розрахунково– графічна робота № 1.2

Тема: Перетворення в сталях при охолодженні

Зміст завдання

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

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

$$t_{\text{мит}} = t_{\text{нагр.}} - (V_i \cdot \tau),$$

де $t_{\text{нагр.}}$ – температура нагрівання, $^{\circ}\text{C}$;

V_i – задана швидкість охолодження (V_1 і V_2), $^{\circ}\text{C}/\text{с}$;

τ – довільно обраний відрізок часу на осі абсцис у секундах.

Рекомендується підрахувати 5...6 миттєвих температур і отримані значення нанести у виді точок на діаграму ізотермічного розпаду аус-

теніту. 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, і зобразити її схематично; позначити структурні складові;
- вказати твердість сталі після охолодження зі швидкостями V_1 і V_2 ;
- дати пояснення перетворень, що відбуваються, зобразити схематично кінцеву структуру сталі та розходження у структурі і властивостях сталі.

4 Визначити числове значення критичної швидкості гартування.

5 Визначити характер структури і орієнтовану твердість сталі при ізотермічному розпаді аустеніту цієї сталі при температурах 400, 500, 600 °С.

Зміст індивідуальних завдань наведений в табл. 4.

Таблиця 4 – Індивідуальні завдання до РГР 1.2

№ вар.	Марка сталі	Швидкість охолодження, град/с		№ вар.	Марка сталі	Швидкість охолодження, град/с	
		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	0,07	24
3	У9	2,0	100	28	45М5	0,02	47
4	12Н3	0,015	3,5	29	50М	0,06	31
5	40Н3	0,25	37	30	15ХФ	0,025	35
6	20Х	0,5	35	31	40ХФ	0,22	22
7	35Х2	0,075	11	32	50ХФ	0,21	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	0,4	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	ХВТ	0,08	50

2.2.3 Розрахунково-графічна робота № 2

Тема: Технологія термічної обробки металевих виробів

Зміст завдання

1 Розробити режими попередньої і остаточної термічної обробки деталей, заданих в індивідуальному завданні (табл. 5) для забезпечення обговорених властивостей. При виконанні завдання:

а) для сталевих деталей:

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

б) для деталей з чавуну:

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

в) для деталей з кольорових сплавів:

- указати склад сплаву;
- охарактеризувати перетворення, що протікають при нагріванні, витримці та охолодженні.

Усі види технології термічної обробки представляти у вигляді графіка в координатах «температура, °С – час, г».

2 Система маркування металів і сплавів.

Для кожного з десяти марок сплавів, заданих в табл. 6, вказати:

- назву сплаву;
- хімічний склад сплаву (якщо це можливо, виходячи з марочного позначення, не прибігаючи до підручників або довідкової літератури);
- для сталі указати структурний клас у відпаленому стані, якість, спосіб розкислення, загальне призначення, відношення до термообробки;
- для чавуну вказати механічні властивості, виходячи з марочного позначення, вказати також форму графіту;
- для сплавів на основі міді вказати способи виготовлення заготовки.

Таблиця 5 - Індивідуальні завдання на розробку технології термічної обробки виробів із сталі, чавуну та кольорових металів (позначення: ϕ – діаметр деталі, Δ - товщина деталі)

№ вар.	Найменування деталі	Основний габаритний розмір, мм	Матеріал	Потрібні властивості	
				На поверхні	В серцевині
1	2	3	4	5	6
1	1.1 Мітчик машинний	$\phi 50$	P985	63...64 HRC	63...64 HRC
	1.2 Станини прокатного стану	$\Delta 300$	30Л – III	160...170 HB	160...170 HB
	1.3 Будівельні колони	$\phi 100$	СЧ10	143...229 HB	143...229 HB
	1.4 Черв'ячний вінець	$\phi 70$	БрОФ10-1 (лиття)	90 HB	90 HB
2	2.1 Шестерня	$\Delta 30$	20Х2Н2М	58..62 HR	35...36 HRC
	2.2 Станина станка	$\Delta 70$	СЧ40	170...241 HB	170..241 HB
	2.3 Ходове колесо	$\Delta 60$	40ГЛ	385..400 HB	229..241 HB
	2.4 Листи	$\Delta 16$	Д16	105 HB	105 HB
3	3.1 Вісь	$\phi 250$	34ХН2М	30...35 HRC	30...35 HRC
	3.2 Зубчате колесо	$\Delta 70$	35ГЛ-II	200..220 HB	200..220 HB
	3.3 Деталі водяної арматури	$\phi 50*20$	СЧ24	143..229 HB	143..229 HB
	3.4 Шпангоути	$\Delta 5$	Д16	45 HB	45 HB
4	4.1 Шевронна шестерня	$\Delta 40$	20ХН3А	58...62 HRC	30...35 HRC
	4.2 Барабан гладкий	$\phi 1170 \times 62$	35Л-II	285...290 HB	285...290 HB
	4.3 Кожух турбіни	$\Delta 100$	СЧ32	163...229 HB	163...229 HB

Продовження таблиці 5

1	2	3	4	5	6
4	4.4 Стрінгери	$\Delta 8$	Д16	105HB	105HB
5	5.1 Торсійний вал	$\phi 30$	60C2A	43...46 HRC	43...46 HRC
	5.2 Стакан	$\phi 640 \times 160$	35ХМЛ-II	310...320 HB	310...320 HB
	5.3 Колосники	$\phi 50$	СЧ40	170...241 HB	170...241 HB
	5.4 Лонжерони	$\Delta 7$	Д16	105HB	105HB
6	6.1 Вал	$\phi 250$	40Х2Н3	280...320 HB	280...320 HB
	6.2 Колесо гладке	$\phi 1050 \times 250$	35ХГ2СЛ-II	40...42 HRC	40...42 HRC
	6.3 Виливниці	$\Delta 50$	ВЧ60-2	197...269 HB	197...269 HB
	6.4 Силові каркаси	$\Delta 10$	Д16	105HB	105HB
7	7.1 Свердло	$\phi 25$	P18	62...64 HRC	62...64 HRC
	7.2 Зубчате колесо	$\phi 1370 \times 360$	38ХГ2СЛ-II	42...45 HRC	42...45 HRC
	7.3 Поршневі кільця	$\Delta 10$	ВЧ70-3	229...269 HB	229...269 HB
	7.4 Кузов вантажних автомобілів	$\Delta 2$	Д16	105HB	105HB
8	8.1 Ролик	$\phi 60$	45	55...56 HRC	180...190 HB
	8.2 Зубчате колесо	$\phi 1400 \times 400$	40ХМЛ	45...50 HRC	269...302 HB
	8.3 Жолоб рудний	$\Delta 60$	ВЧ60-2	197...269 HB	197...269 HB
	8.4 Труби	$\phi 100/90$	АВ	95 HB	95 HB
9	9.1 Вал – шестерня	$\phi 400$	40Х	280...300 HB	280...300 HB
	9.2 Колесо циліндричне	$\phi 480 \times 90$	35Л-III	140...160 HB	140...160 HB

Продовження таблиці 5

1	2	3	4	5	6
9	9.3 Головка дизелів	$\Delta 40$	ВЧ60-2	197...269 HB	197...269 HB
	9.4 Лопаті гвинтів вертольотів	$\Delta 8$	AB	95 HB	95 HB
10	10.1 Плашка	$\Delta 15$	9XC	58...60 HRC	58...60 HRC
	10.2 Шків фасонний	$\phi 1900 \times 300$	35Л-II	192 HB	192 HB
	10.3 Дифузор	$\Delta 30$	СЧ32	163...229 HB	163...229 HB
	10.4 Рами	$\Delta 5$	AB	95 HB	95 HB
11	11.1 Вилка перемикача	$\Delta 40$	35Г2	38...48 HRC	38...48 HRC
	11.2 Зубцюватий вінець	$\phi 3000 \times 400$	45Л-III	45...55 HRC	45...55 HRC
	11.3 Кулі млинів	$\phi 2$	СЧ32	163...229 HB	163...229 HB
	11.4 Двері	$\Delta 2$	AB	30 HB	30 HB
12	12.1 Гільза циліндра	$\phi_{\text{ен}} 100$ $\phi_{\text{нар}} 150$	38ХМЮА	950...1000 HV	30...35 HRC
	12.2 Зубцювате колесо	$\phi 670 \times 200$	40ХЛ-II	55...60 HRC	220...260 HB
	12.3 Лопаті дробометів	$\Delta 30$	ВЧ60-2	197...229 HB	197...229 HB
	12.4 Обшивка літаків	$\Delta 2$	В95	150 HB	150 HB
13	13.1 Черв'як	$\phi 80$	15ХФ	58...62 HRC	28...32 HRC
	13.2 Муфта ступінчаста	$\phi 425 \times 4900$	35Л-II	220...260 HB	220...260 HB
	13.3 Проводки сортових станів	$\Delta 100$	СЧ44	60...62 HRC	170...241 HB
	13.4 Будівельні конструкції	$\Delta 5$	В95	150HB	150HB
14	14.1 Фрикційний диск	$\Delta 40$	У8	40...45 HRC	40...45 HRC

Продовження таблиці 5

1	2	3	4	5	6
14	14.2 Шестерня конічна	$\phi 520 \times 120$	40ХМЛ-П	45...55 HRC	220...280 HB
	14.3 Шнек млина	$\Delta 40$	ВЧ60-2	45...50 HRC	197...269 HB
	14.4 Піддвигуневі рами	$\Delta 3$	АК6	105HB	105HB
15	15.1 Палець	$\phi 30$	18ХГТ	56...58 HRC	32...35 HRC
	15.2 Колесо циліндричне	$\phi 2200 \times 435$	40ХСЛ-П	45...55 HRC	220...260 HB
	15.3 Каналізаційні труби	$\phi 250/200$	СЧ35	170...229 HB	170...229 HB
	15.4 Крильчатка	$\Delta 1,5$	АК6	105HB	105HB
16	16.1 Пружина циліндрична	$\phi 30$	55С2	45...48 HRC	45...48 HRC
	16.2 Колесо циліндричне	$\phi 2350 \times 560$	40ХГЛ-П	45...55 HRC	240...280 HB
	16.3 Маховик	$\phi 800 \times 100$	ВЧ80-3	380...400 HB	380...400 HB
	16.4 Бандажі вагонів	$\Delta 5$	АК8	135HB	135HB
17	17.1 Ресора	$\Delta 10$	60С2М2	44...46 HRC	44...46 HRC
	17.2 Втулка	$\phi 1100 \times 700$	40ХГЛ-П	220...260 HB	220...260 HB
	17.3 Корпус засувки	$\Delta 40$	СЧ24	143...229 HB	143...229 HB
	17.4 Поршні	$\phi 60$	АК4-1	120HB	120HB
18	18.1 Копер	$\Delta 80$	38ХМЮ А	980...100 0 HV	38...40 HRC
	18.2 Обойма ступінча-ста	$\phi 1570 \times 500$	40ХГЛ-П	220...260 HB	220...260 HB
	18.3 Кришка корпуса	$\Delta 15$	ВЧ60-2	197...269 HB	197...269 HB
	18.4 Головки циліндрів	$\Delta 3$	АК4-1	120HB	120HB

Продовження таблиці 5

1	2	3	4	5	6
19	19.1 Валок	$\phi 300$	40ХНМА	35...38 HRC	35...38 HRC
	19.1 Важіль	$\phi 930 \times 160$	35ХМЛ-П	260...280 HB	260...280 HB
	19.3 Блок	$\phi 300 \times 40$	ВЧ60-2	480...490 HB	480...490 HB
	19.4 Лопатки компресорів	$\Delta 2,5$	АК4-1	120HB	120HB
20	20.1 Шабер	$\Delta 35$	У12А	61...62 HRC	61...62 HRC
	20.2 Напівмуфта	$\phi 250 \times 100$	38ХГ2СЛ-П	185...200 HB	185...200 HB
	20.3 Корпус ізолятора	$\Delta 25$	КЧ35-10	163...170 HB	163...170 HB
	20.4 Обшивка літака	$\Delta 2$	АК4-1	120HB	120HB
21	21.1 Колесо вагонне	$\Delta 80$	65	241...255 HB	241...255 HB
	21.2 Корпус редуктора	$\phi 2630 \times 470$	40ХНЛ-П	241...255 HB	241...255 HB
	21.3 Будівельні коло-ни	$\phi 200$	СЧ28	143...229 HB	143...229 HB
	21.4 Плити	$\Delta 15$	АМг5	60 HB	60 HB
22	22.1 Шестерні	$\Delta 60$	20ХН3А	58...60 HRC	58...60 HRC
	22.2 Планка плоска	$\phi 3500 \times 310$	34ХН2МЛ-П	265...285 HB	265...285 HB
	22.3 Фундаментні плити	$\Delta 300$	СЧ28	143...229 HB	143...229 HB
	22.4 Баки для бензину	$\Delta 1,5$	АМг3	60 HB	60 HB
23	23.1 Вісь	$\phi 180$	38ХГ2С	44...46 HRC	44...46 HRC
	23.2 Кільце	$\phi 400 \times 300$	38ХГ2СЛ-П	170...185 HB	170...185 HB
	23.3 Станина станка	$\Delta 100$	СЧ40	170...241 HB	170...241 HB

Продовження таблиці 5

1	2	3	4	5	6
23	23.4 Трубопроводи	$\Delta 1,5$	АМг3	60 HB	60 HB
24	24.1 Валик	$\phi 40$	40	55...56 HRC	180...190 HB
	24.2 Сектор фасонний	$\phi 400 \times 600$	30ХН3Л-ІІ	48...55 HRC	220...230 HB
	24.3 Блок двигуна	$\Delta 20$	СЧ44	170...241 HB	170...241 HB
	24.4 Вітражі	$\Delta 2,5$	АМг2	60 HB	60 HB
25	25.1 Поршневий палець	$\phi 60$	18Х2Н4В А	60...62 HRC	34...35 HRC
	25.2 Шків	$\phi 200 \times 300$	40ХЛ-ІІ	185...195 HB	185...195 HB
	25.3 Поршні	$\phi 180$	СЧ36	170...229 HB	170...229 HB
	25.4 Перегородки	$\Delta 1,5$	АМц	55 HB	55 HB
26	26.1 Плунжер	$\phi 320$	38ХВЮА	30...32 HRC	30...32 HRC
	26.2 Напівмуфта	$\phi 500 \times 600$	38ХГ2СЛ-ІІ	265...285 HB	265...285 HB
	26.3 Дизельні циліндри	$\phi 160 \times 100$	СЧ36	170...229 HB	170...229 HB
	26.4 Віконні рами	$\Delta 2$	АМц	55 HB	55 HB
27	27.1 Протяжка	$\phi 100$	Р18Ф2	65...66 HRC	65...66 HRC
	27.2 Цапфа фігурна	$\phi 500 \times 540$	35ХЛ-ІІ	185...200 HB	185...200 HB
	27.3 Колінчатий вал дизеля	$\phi 60$	ВЧ50-2	49...55 HRC	187...255 HB
	27.4 Щогли	$\phi 30$	АМг6	70 HB	70 HB
28	28.1 Валик	$\phi 70$	20Х2Н4А	58...60 HRC	35...36 HRC
	28.2 Шабот	$\phi 2800 \times 500$	25Л-ІІ	135...140 HB	135...140 HB

Продовження таблиця 5

1	2	3	4	5	6
28	28.3 Кришки циліндра	$\Delta 30$	ВЧ60-2	35...45 HRC	35...45 HRC
	28.4 Елементи ліфтів	$\Delta 5$	АМг6	70 HB	70 HB
29	29.1 Фреза	$\Delta 60$	P10K5Ф5	65...66 HRC	65...66 HRC
	29.2 Баба копра	$\phi 930$	25Л-II	135...145 HB	135...140 HB
	29.3 Траверса преса	$\Delta 300$	ВЧ80-3	221...241 HB	221...241 HB
	29.4 Щогли суден	$\phi 40$	АМг5	70 HB	70 HB
30	30.1 Валок гарячої прокатки	$\phi 600$	55X	285 HB	285 HB
	30.2 Подушка	$\phi 400 \times 500$	40ХНМЛ-II	265...285 HB	265...285 HB
	30.3 Прокатні валки	$\phi 500$	ВЧ100-4	55...60 HRC	229...241 HB
	30.4 Рами вагонів	$\Delta 5$	АМг6	70...80 HB	70...80 HB
31	31.1 Напіввісь	$\phi 280$	40ХНФА	255...285 HB	255...285 HB
	31.2 Маховик	$\phi 100 \times 200$	50Л-II	175...185 HB	175...185 HB
	31.3 Корпус насосів	$\Delta 30$	ВЧ60-2	197...269 HB	197...269 HB
	31.4 Кришки	$\Delta 45$	АЛ2	50...55 HB	50...55 HB
32	32.1 Циліндр гідравлічний	$\phi 100/50$	15X	55...60 HRC	28...42 HRC
	32.2 Станина	$\Delta 400$	25Л-II	135...145 HB	135...145 HB
	32.3 Вентилі	$\Delta 15$	ВЧ80-3	229...241 HB	229...241 HB
	32.4 Корпус компресорів	$\Delta 20$	АЛ4	70...75 HB	70...75 HB

Продовження таблиці 5

1	2	3	4	5	6
33	33.1 Плунжер насоса	$\phi 40$	38ХМЮА	980...100 0 HB	32...35 HRC
	33.2 Елементи гідротурбін	$\Delta 250$	40ХНМЛ- II	200...220 HB	200...220 HB
	33.3 Картер редуктора	$\Delta 15$	КЧ35-10	163...170 HB	163...170 HB
	33.4 Блоки циліндрів двигунів	$\Delta 20$	АЛ4	70...75 HB	70...75 HB
34	34.1 Вал – шестерня	$\phi 640$	40ХН	285...300 HB	285...300 HB
	34.2 Зубцюватий вінець	$\phi 800 \times 300$	35ХЛ-II	50...55 HRC	135...140 HB
	34.3 Ступиця	$\Delta 20$	КЧ37-12	163...185 HB	163...185 HB
	34.4 Картер двигуна	$\Delta 10$	АЛ4	70...75 HB	70...75 HB
35	35.1 Вісь	$\phi 250$	40Х2НМА	32...35 HRC	32...35 HRC
	35.2 Лопаті гідротурбін	$\Delta 600$	35ХЛ-II	55...58 HRC	185...190 HB
	35.3 Крюки	$\phi 40$	КЧ45-6	241...269 HB	241...269 HB
	35.4 Арматура	$\phi 25$	АЛ7	60...65 HB	60...65 HB
36	36.1 Шестерня	$\Delta 30$	12ХН3А	58...62 HRC	30...32 HRC
	36.2 Пластини	$\phi 500 \times 200$	38ХГ2СЛ- II	260...285 HB	260...285 HB
	36.3 Скоби	$\Delta 40$	КЧ50-4	241...271 HB	241...271 HB
	36.4 Кронштейн	$\Delta 50$	АЛ7	70...75 HB	70...75 HB
37	37.1 Зубчате колесо	$\Delta 90$	45	48...52 HRC	180...190 HB
	37.2 Живильник	$\phi 400 \times 25$	30ХН3Л-II	55...58 HRC	170...180 HB

Продовження таблиця 5

1	2	3	4	5	6
37	37.3 Муфти	$\Delta 50$	КЧ33-8	163...241 HB	163...241 HB
	37.4 Поршні	$\phi 150$	АЛ1	95...98 HB	95...98 HB
38	38.1 Стамеска по де- реву	$\Delta 15$	У7А	55...56 HRC	55...56 HRC
	38.2 Шнек для піску	$\phi 300 \times 25$	30ХН3Л-П	55...58 HRC	170...180 HB
	38.3 Вилка карданно- го вала	$\Delta 45$	КЧ60-3	269...285 HB	269...285 HB
	38.4 Головки цилінд- рів двигуна	$\Delta 10$	АЛ1	90...95 HB	90...95 HB
39	39.1 Зубчате колесо	$\Delta 30$	18ХГТ	58...60 HRC	58...60 HRC
	39.2 Хрестовина	$\phi 50$	30ХН3Л-П	58...60 HRC	241...269 HB
	39.3 Вилка карданно- го вала	$\Delta 30$	КЧ60-3	269...285 HB	269...285 HB
	39.4 Маслопомпи	$\Delta 15$	МЛ5	50...55 HB	50...55 HB
40	40.1 Штамп	$\phi 35$	У10А	62...64 HRC	50...54 HRC
	40.2 Шків	$\phi 200 \times 60$	40ХГЛ-П	348...342 HB	348...342 HB
	40.3 Ролики ланцю- гів конвеєра	$\phi 80$	КЧ63-2	48...52 HRC	269...285 HB
	40.4 Труби	$\Delta 5$	ЛАЖ60-1- 1	80 HB	80 HB
41	41.1 Мітчик слюсар- ний	$\phi 10$	У11А	61...63 HRC	61...63 HRC
	41.2 Конвеєрний ба- рабан	$\phi 300$	40ХМЛ-П	35...38 HRC	35...38 HRC
	41.3 Гальмові колод- ки	$\Delta 40$	КЧ63-2	48...52 HRC	48...52 HRC
	41.4 Гайки натиск- них гвинтів	$\phi 400$	ЛАЖМц- 60-3-2	160...165 HB	160...165 HB

Продовження таблиці 5

1	2	3	4	5	6
42	42.1 Плашка	$\Delta 20$	ХГЗСВФ	60...62 HRC	60...62 HRC
	42.2 Деталі елеватора для подачі піску	$\phi 120$	30ХМЛ-II	55...60 HRC	35...38 HRC
	42.3 Радіатор опалення	$\Delta 12$	СЧ28	143...229 HB	143...229 HB
	42.4 Черв'ячні гвинти	$\phi 180$	ЛАЖМц6-3-2	160...165 HB	160...165 HB
43	43.1 Напилок	$\Delta 8$	У13А	62...64 HRC	62...64 HRC
	43.2 Валок прокатний	$\phi 500$	50ХФЛ-II	302...341 HB	302...341 HB
	43.3 Кронштейн	$\Delta 15$	СЧ32-52	187...255 HB	187...255 HB
	43.4 Втулки	$\Delta 20$	ЛКС80-3-3	90...95 HB	90...95 HB
44	44.1 Поршневий циліндр	$\phi 20$	12ХН3А	59...62 HRC	30...35 HRC
	44.2 Зубчате колесо	$\phi 2000 \times 400$	45ХЛ-II	48...50 HRC	180...190 HB
	44.3 Шків	$\phi 100 \times 30$	КЧ37-12	163...241 HB	163...241 HB
	44.4 Пружини	$\phi 10$	БрОФ-6,5-0,15	90...95 HB	90...95 HB
45	45.1 Карданний вал	$\phi 80$	60С2А	45...48 HRC	45...48 HRC
	45.2 Шабот молота	$\Delta 500$	25Л-II	135...145 HB	135...145 HB
	45.3 Цементацийні ящики	$\Delta 40$	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	$\Delta 30$	Х12М	63...64 HRC	63...64 HRC
	46.2 Траверса преса	$\Delta 400$	35Л-II	165...185 HB	165...185 HB

Продовження таблиці 5

1	2	3	4	5	6
46	46.3 Гирі	$\phi 60$	СЧ28	143...229 HB	143...229 HB
	46.4 Підшипники	$\phi 300$	БрОЦС-4-4-17	62...65 HB	62...65 HB
47	47.1 Ролик	$\phi 100$	12Х2Н3А	60...62 HRC	35...38 HRC
	47.2 Станина молота	$\Delta 350$	35Л-II	165...185 HB	165...185 HB
	47.3 Колінчатий вал двигуна	$\phi 40$	ВЧ80-3	950...1000 HB	269...285 HB
	47.4 Черв'ячне колесо	$\phi 400 \times 50$	БрОЦС4-4-17	62...65 HB	62...65 HB
48	48.1 Зенкер	$\phi 60$	P9	61...63 HRC	61...63 HRC
	48.2 Циліндр молота	$\phi 800 \times 600$	35ХЛ-II	185...195 HB	185...195 HB
	48.3 Вентилі	$\Delta 12$	КЧ37-12	163...229 HB	163...229 HB
	48.4 Проволока для пружин	$\phi 5$	БрБ2	390...395 HB	390...395 HB
49	49.1 Кульки підшипника	$\phi 10$	ШХ15	62...63 HRC	62...63 HRC
	49.2 Пластинчастий живильник	$\Delta 200$	35Х2Л-II	185...195 HB	185...195 HB
	49.3 Корпус редуктора	$\Delta 15$	ВЧ45-5	241...269 HB	241...269 HB
	49.4 Гребний гвинт	$\phi 900 \times 10$	ВТ6	$\sigma_B=900$ МПа	$\sigma_B=900$ МПа
50	50.1 Просічний штамп	$\phi 100$	Х12М	52...64 HRC	52...64 HRC
	50.2 Шнек	$\phi 40 \times 10$	20ХЛ-II	50...55 HRC	185...200 HB
	50.3 Корпус редуктора	$\Delta 15$	СЧ48	170...241 HB	170...241 HB
	50.4 Обшивка морських суден	$\Delta 50$	ВТ14	$\sigma_B=1070$ МПа	

Таблиця 6 - Варіанти індивідуальних завдань з системи маркування

№ вар.	Сплави									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Ст0	10пс	30ХГСА	Р18К5Ф2	Х12М	СЧ30	Л40Мц 1,5	АК1	МА14	Т30К4
2	БСт1кп	35	АС40	У13А	ШХ6	КЧ45-6	БрАЖН 10-4-4	АЛ5	МЛ9	ВТ5-1
3	Ст1кп	10	18Х2Н4МА	Х12Ф1	Р9	СЧ35	ЛЦ30Мц2С2	АК6	МА19	Т15К6
4	ВСт1сп	65	42ХФМ	У10А	Р6М2Ф3	ВЧ42-12	Бр03Ц1205	АЛ32	ВТ5	ВК3
5	Ст2пс	10кп	АС10	Х6МФ	Р6М3	СЧ40	Л96	АК3	МЛ2	Т14К8
6	БСт2пс	40	АС20	У13	ШХ9	КЧ50-4	ЛК83-3	АЛ6	МЛ12	ВТ18
7	Ст3пс	15кп	12Х2Н4А	50ХНМ	Р9Ф2	СЧ45	Бр010	АК4	МЛ13	Т5К10
8	ВСт2кп	70	30ХН2ВФ	У10	Р6М5К5	ВЧ50-7	БрАЖМц10-3-1,5	АЛ19	ВТ18	ВК4
9	Ст4кп	16пс	25ХГМ	50ХНВ	Р9К5	КЧ30-6	БрОЦСН3-7-5-1	АЛ2	МЛ4	Т6К12
10	БСт3пс	45	АЦ30ХН	У12А	110Г13Л	Вч60-2	БрКМц3-1	АЛ27	ВТ22	ТТ7К12
11	ВСт3сп	75	Х18Н8МТ	У9А	ШХ15	КЧ56-4	Л90	АмЦ1	Мг96	ВТ6
12	Ст5пс	15	30ХГТ	ХВСТ	Р18	СЧ10	Л68	АМг2	Мг95	ВК6
13	БСт0	20	38ХН3МФА	ХВГ	Р9К10	КЧ33-8	Л86	АЛ4	МЛ5	ОТ4
14	Ст6сп	25	50Х	40Х2В5М	Р10К5Ф5	Сч18	БрОЦС5-5-5	Мг90	Амг6	ВТ14
15	БСт4кп	30	А12	90ХС	Р12	КЧ35-10	Л60	АЛ9	МА1	ВТ15
16	БСт5пс	50	09Г2С	У12	Х12	СЧ15	БрА7	Д1	МЛ8	ОТ4-1
17	БСт6сп	55	Х12М	У11А	ШХ15СГ	КЧ37-12	ЛА77-2	В95	МА2	ВК6
18	ВСт4пс	60	АС14	ХВ4	В1	СЧ20	БрОФ6,5-0,15	Д16	МЛ15	Т60К6
19	ВСт5сп	80	30ХН3А	У11	Р18Ф2	ВЧ80-2	ЛЦ40С2	В96	ВТ1-0	ВК8
20	ВСт1кп	85	25Г2С	У9	20Х13	СЧ25	БрАМц9-2	АЛ3	МА5	ВТ3-1
21	Ст2кп	05	40ХН	А40Г	Р14Ф14	КЧ80-1.5	М1	АЛ11	ВТ1-00	ТТ8К6
22	БСт1пс	08	А20	Р6М5	12Х13	ВЧ100-2	БрА5	АМг1	МЛ15	ВК2

Продовження таблиці 6

№ вар.	Сплави									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
23	ВСт2сп	08кп	40Х	А35	Р18Ф2М	КЧ60-3	БрКН1-3	АЛ8	МЛ6	ТТ10К8
24	Ст3пс	05кп	70Г	У8А	30Х13	ВЧ120-2	Бр010Ф1	АЛ12	МЛ10	ВК20
25	БСт2кп	08пс	А30	У7	40Х13	КЧ63-2	БрОЦ4-3	АЛ7	МА11	ВК30
26	08кп	35Л11	Л96	БрОФ-6-1	СЧ18	Х12	27СГ	ПМЦ54	ЦАМ4-3	Д16
27	У8	10	40Г2-Л	Л90	СЧ21	ХГ	35ХА	АЛ2	АМГ7	БрОЦС4-4-2
28	15Х	Х9	10кп	35ХГ2СЛ-11	БрОЦ4-3	Х12М	35СГ	ЦАМ-10-5	АД	ВК3
29	15ХН	20Х	Х9	15	40ХГЛ-111	Л80	БрОЦСН3-7-5-1	Х09	СЧ24	АМц3
30	15ХГ2	20ХН	25Х	У11	20	110Г13Л	БрОЦС3-12-5	СЧ25	90Х	ЛАЖ60-1-1
31	Ст0	20ХГ2	25ХН	30Х	У12	25	25ХФЛ-11	СЧ30	ЛЖМц-59-1-1	БрОКС5-3-2
32	СЧ35	МСт0	25ХГ2	30ХН	35Х	У13	30	30ХСЛ-11	ЛС59-1	БрОФС4-4-6
33	СЧ40	БрАЖ9-4	ВСт1	30ХГ2	35ХН	40Х	У8А	35	25ХФЛ-111	ЛК80-3
34	16ХНС	АЧС-1	БрАЖН9-4-2	Ст1	35ХГ2	40ХН	45Х	У9А	40	30ХНЛ-1
35	ВЧ50-2	8Х3	38ХЮА	ЛС80-3	Ст1кп	40ХГ2	45ХН	50Х	У10А	45

Продовження таблиці 6

№ вар.	Сплави									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
36	ВЧ60-2	9ХС	38ХМЮА	БрАЖН10-4-3	ЛКС80-3-3	СТ1пс	45ХГ2	50ХН	55Х	У11А
37	ВЧ70-3	40ХФА	6ХС	38ХС	ЛМцЖ52-4-1	МСТ1кп	БрКМц3-1	50ХГ2	55ХН	60Х
38	ВЧ80-3	БрОЦСН-3-7-5-1	ВК6	4ХС	50ХФА	БрБ2	Л70	ВСТ1пс	55ХГ2	60ХН
39	ВЧ100-4	БрА5	ВК10	35Ч12	85ХФ	Б83	БрС30	Л62	БСТ1кп	60ХГ2
40	ВЧ120-4	Т5К10	АОМ3-1	20ХГС	3Х2В8	Б88	БрАЖМц10-3-1	А40Г	ЛК80-3	20Х2Н4А
41	ВЧ45-5	БрМц5	Т14К8	15Х2ГН2Т А	4Х8В2	БН	БСТ3кп	18ХГТ	30ХГ2СН2А	ЛКС80-3-3
42	ВЧ38-17	БрКМц3-1	Т30К4	М1	АКЧ-1	ХВ5	Б16	40ХГТ	30ХГ2НА	ЛМцС58-2-2
43	ВЧ42-12	БрКН1-3	50Л-11	Т60К5	М4	АКЧ2	4ХВ2С	БС6	25Х2ГН2ТА	ЛмцОС58-2-2
44	АЧВ-1	БрБ2	35Л-111	ТТ10К5	25ХГ2ТА	40ХНМА	ХВГ	5ХВ2С	БКАЛ68	ЛМцЖ55-3-1
45	КЧ37-12	БрКд1	БС	ПОС30	АЛ3	18Х2Н4В А	9ХВГ	5ХНМ	Д3П	ЦАМ10-5

46	50	BCт5пс	40ГCЛ-11	65X	ЛA- ЖMц66-3- 2	БК2	КЧ35-10	5XГM	10Г2	ПOC30
----	----	--------	----------	-----	----------------------	-----	---------	------	------	-------

Продовження таблиці 6

№ вар.	Сплави									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
48	70ХГ2	15Х2Н	У13А	55	Ст5кп	35СНЛ-11	ПОС50	КЧ33-8	30ХГ2С	ЛМцЖ52-4-3
49	ВСт2пс	75ХГ2С	20Х2Н	30ХГС	65	20ХГТЛ	ПМЦ36	12Г2А	КЧ50-4	ЛС59-1
50	БрС30	МСт2кп	Ст2	65ХГ2С	25Х2Н	70	12ХМФ	ПОС90	ПМЦ48	КЧ63-2

З М І С Т

Загальні положення	3
1 Зміст дисципліни	
1.1 Найменування тем, обсяг занять в годинах	
1.2 Зміст тем, рекомендована література.....	
1.3 Основна і додаткова література.....	
2 Самостійна робота студентів.....	
2.1 Теми програмованого (без машинного) контролю (ПК) та номери тем, що включені в даний контроль	
2.2 Теми та зміст завдань розрахунково-графічних робіт (РГР)	
2.2.1 Розрахунково-графічна робота 1.1. Перетворення в сталях при нагріванні.....	
2.2.2 Розрахунково-графічна робота 1.2. Перетворення в сталях при охолодженні.....	
2.2.3 Розрахунково-графічна робота 2. Технологія термічної обробки металевих виробів.....	

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

та індивідуальні завдання до самостійної роботи
з курсу «Термічна обробка металів»
для студентів спеціальності 7.090403 “Ливарне виробництво”
і 7.090404 «Обробка металів тиском»

Укладач

Белкін Михайло Якович

Редактор

Єрьоміна Наталія Володимирівна

Підп. до друку

Формат 60x84/16

Заказ №

Офсетний друк

Ум. друк. арк.

Обл.-вид. арк.

Тираж 50 прим.

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