

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з вивчення дисципліни
«Теорія металургійних процесів»
та виконання контрольних завдань,
самостійної роботи і курсової роботи
для студентів спеціальності G 10 «Металургія»
усіх форм навчання

2024

Методичні вказівки з вивчення дисципліни «Теорія металургійних процесів» та виконання контрольних завдань, самостійної роботи і курсової роботи для студентів спеціальності G 10 «Металургія» усіх форм навчання / Укладачі: В.В. Кудін, С.А. Воденніков, В.С. Голтвяниця. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. 54 с.

Укладачі: В.В. Кудін, канд. техн. наук, доцент
С.А. Воденніков, докт. техн. наук, професор
В.С. Голтвяниця, канд. техн. наук, доцент

Рецензенти: С.М. Парахневич, канд. техн. наук, доцент

Відповідальні за випуск: В.Г. Іванов, зав. каф., докт. техн. наук, доцент

Затверджено
на засіданні кафедри
“Машини і технологія
ливарного виробництва”

Рекомендовано
до видання НМК
Інженерно-фізичного факультету
НУ «Запорізька політехніка»

Протокол № 1 від 18.08.2024 р.

Протокол № 1 від 08.09.2024 р.

ЗМІСТ

1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ.....	5
2 РОБОЧА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА.....	7
2.1 Сучасний стан розвитку теорії практики металургійного виробництва. Термодинаміка та кінетика дисоціації хімічних сполук.....	7
2.2 Основи теорії горіння та відновних процесів.....	7
2.3 Металеві та шлакові розплави. Поверхневі явища в металургійних процесах.....	8
2.4 Основи теорії окислювальної плавки.....	10
2.5 Розкислення та десульфурація металів та сплавів. Теорія кристалізації зливків.....	11
3 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.....	13
3.1 Сучасний стан розвитку теорії практики металургійного виробництва. Термодинаміка та кінетика дисоціації хімічних сполук.....	13
3.1.1 Питання для самоперевірки.....	13
3.2 Основи теорії горіння та відновних процесів.....	14
3.2.1 Питання для самоперевірки.....	15
3.3 Металеві та шлакові розплави. Поверхневі явища в металургійних процесах.....	15
3.3.1 Питання для самоперевірки.....	16
3.4 Основи теорії окислювальної плавки.....	17
3.4.1 Питання для самоперевірки.....	17
3.5 Розкислення та десульфурація металів та сплавів. Теорія кристалізації зливків.....	18
3.5.1 Питання для самоперевірки.....	18
4 ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ.....	20
4.1 Загальні вказівки до виконання лабораторних робіт.....	21

5 КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	22
5.1 Завдання на контрольну роботу № 1.....	22
5.2 Завдання на контрольну роботу № 2.....	26
5.3 Завдання на контрольну роботу № 3.....	30
6 ОРГАНІЗАЦІЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	33
6.1 Зміст та обсяг курсової роботи.....	33
6.2 Вимоги до графічної частини роботи.....	34
6.3 Вимоги до оформлення розрахунково-пояснювальної записки курсової роботи.....	34
6.4 Структура розрахунково-пояснювальної записки.....	35
6.5 Теми курсових робіт.....	45
6.6 Порядок захисту курсової роботи.....	47
6.7 Оцінка курсової роботи.....	47
7 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	49
7.1 Основна література.....	49
7.2 Додаткова література.....	49
Додаток А Титульний лист.....	51
Додаток Б Завдання на курсову роботу.....	52
Додаток В Календарний план.....	53
Додаток Г Реферат.....	54

1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

При вивченні дисципліни “Теорія металургійних процесів” студенти використовують розроблені методичні вказівки як допоміжний матеріал у самостійній роботі з навчальною літературою. В процесі роботи це допоможе отримати повний рівень теоретичних і практичних знань, а також раціонально використовувати час на вивчення дисципліни.

Засновник курсу “Теорія металургійних процесів” академік О.О. Байков визначив металургію як хімію високотемпературних процесів, тому цей теоретичний курс базується на таких дисциплінах, як: “Хімія та основи екології”, “Фізична хімія”, “Вступ до спеціальності”, “Ливарний практикум”, “Основи ливарної гідравліки”, “Теоретичні основи ливарного виробництва”.

Мета викладання дисципліни “Теорія металургійних процесів”:

- навчити аналізувати будову та властивості металургійних систем, термодинамічні і кінетичні закономірності міжфазних взаємодій;
- навчити оцінювати ефективність металургійних процесів;
- дати навички оцінювати використання термодинамічних та кінетичних даних при розробці нових металургійних процесів.

Внаслідок вивчення дисципліни “Теорія металургійних процесів” студенти повинні:

знати – загальні закономірності термодинаміки та кінетики важливих фізико-хімічних явищ, які складають основу сучасних процесів виробництва чорних та кольорових металів;

уміти – на основі знань теорії металургійних процесів аналізувати сучасні процеси виробництва металевих заготовок та литих деталей:

- застосовувати загальні закономірності термодинаміки та кінетики сучасних процесів металургійного виробництва з метою підвищення його ефективності та обґрунтування нових технологічних процесів.

У відповідності з навчальним планом підготовки бакалаврів спеціальності 136 “Металургія” дисципліна “Теорія металургійних процесів” складається з лекцій, лабораторних та практичних робіт, контрольних робіт, самостійної роботи, а також курсової роботи. Нормативні дані до вивчення дисципліни “Теорія металургійних процесів” наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Нормативні дані до вивчення дисципліни “Теорія металургійних процесів”

Вид робіт	Форма навчання	
	Денна	Заочна
	4 семестр	4 семестр
Кредитів ECTS	7,0	7,0
Загальний обсяг (год.)	210	210
Лекції (год.)	30	6
Лабораторні роботи (год.)	30	6
Практичні роботи (год.)	14	2
Самостійна робота (год.)	106	166
Контрольні роботи (шт.)	–	3
Курсова робота (год.)	30	30
Залік письмовий (тест)	+	+

На сесію виносяться п'ять об'єднаних тем, які у сконцентрованому вигляді відповідають майже на усі питання, що пов'язані з вивченням дисципліни:

- сучасний стан розвитку теорії і практики металургійного виробництва, термодинаміка та кінетика дисоціації хімічних сполук;
- основи теорії горіння та відновних процесів;
- металеві та шлакові розплави, поверхневі явища в металургійних процесах;
- основи теорії окислювальної плавки;
- розкислення і десульфурація металів та сплавів, теорія кристалізації зливків.

Після вивчення кожної теми розділу студент повинен знати відповіді по усім пунктам програми.

2 РОБОЧА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА

2.1 Сучасний стан розвитку теорії і практики металургійного виробництва. Термодинаміка та кінетика дисоціації хімічних сполук

Під час проведення сесії вивчення теми займає 8 годин і 10 годин необхідно для самостійного вивчення матеріалу в повному обсязі.

Зміст робочої програми теми

Металургія як наука. Місце металургії в народному господарстві України. Перелік металургійних процесів. Огляд головних етапів одержання металів у чорній та кольоровій металургії.

Огляд історії розвитку теоретичних основ металургійного виробництва. Внесок українських вчених у розвиток теорії металургійних процесів.

Термічна, фотохімічна та електролітична дисоціація хімічних сполук. Характеристика карбонатів, що застосовуються в металургії. Термічна дисоціація карбонатів. Пружність дисоціації карбонатів. Принцип Ле-Шательє і рухома рівновага реакції термічної дисоціації. Вплив температури на пружність дисоціації і термограми дисоціації різних карбонатів. Вплив домішок на дисоціацію сполук.

Основні, кислоти та амфотерні оксиди, що застосовуються в металургії. Термічна дисоціація оксидів. Пружність дисоціації оксидів і правило фаз Гіббса. Вплив фазових переходів на термодинамічні властивості оксидів. Кисневий потенціал оксидів. Температурні функції енергії Гіббса для реакції утворення оксидів.

Кінетика термічної дисоціації карбонатів. Фактори, що впливають на швидкість процесу розкладу карбонатів. Топохімічні реакції дисоціації з розвинутим і не розвинутим автокаталізом.

2.2 Основи теорії горіння та відновних процесів

Під час проведення сесії вивчення теми займає 8 годин і 10 годин необхідно для самостійного вивчення матеріалу в повному обсязі.

Зміст робочої програми теми

Суть процесу горіння. Види палива. Реакції у системі вуглець-кисень. Повне і двоетапне горіння. Вплив температури на величину енергії Гіббса реакцій взаємодії вуглецю з киснем.

Газифікація твердого вуглецю. Умови рівноваги реакцій взаємодії вуглецю з вуглекислим газом. Вплив каталізаторів. Ізотерми рівноваги реакції газифікації вуглецю. Кінетичний, дифузійний і дифузійно-кінетичний режими реакції взаємодії з вуглекислим газом.

Взаємодія водяної пари з вуглецем. Непрямий метод розрахунку констант рівноваги реакцій водяної пари. Залежність констант рівноваги від температури.

Основи відновних процесів. Види відновників. Вуглецевотермія та металотермія. Пічна і позапічна металотермія. Вакуумна металотермія. Термічність шихти і правило Жемчужного. Силіко- та алюмотермія. Розрахунки у металотермії.

Реакція непрямого відновлення оксидів металу за допомогою окису вуглецю. Рівновага реакцій відновлення металооксидів за допомогою генераторного газу і твердого вуглецю.

Реакція прямого відновлення. Температурні залежності енергії Гіббса для реакцій утворення оксидів. Вуглець – універсальний відновник. Утворення карбідів. Вплив вакуумування на процес відновлення металооксидів.

2.3 Металеві та шлакові розплави. Поверхневі явища в металургійних процесах

Під час проведення сесії вивчення теми займає 14 годин і 16 годин необхідно для самостійного вивчення матеріалу в повному обсязі.

Зміст робочої програми теми

Властивості рідкого заліза. Вплив легуючих елементів на температуру плавлення залізних сплавів. Фізичні властивості легуючих елементів. Коефіцієнти активності легуючих елементів та їх параметри взаємодії.

Розчин вуглецю в рідкому залізі. Залежність активності вуглецю від його концентрації у рідкому залізі.

Розчини кремнію, марганцю, нікелю, кобальту, хрому і молібдену у рідкому залізі. Зміни вільної енергії Гіббса розчинення цих елементів.

Розчин кисню у рідкому залізі та його сплавах. Вплив кисню на поверхневий натяг розплавленого заліза. Вплив розкислювачів на розчинність кисню в залізі. Оптимальна концентрація домішок.

Розчин сірки у рідкому залізі. Явище червоноламкості. Поверхневий натяг сплавів залізо-вуглець-сірка. Вплив концентрації легуючих елементів на коефіцієнт активності сірки у рідкому залізі. Залежність зміни вільної енергії Гіббса реакцій утворення сульфідів від температури.

Розчин фосфору у залізі. Явище холодноламкості. Система залізо-фосфор-кисень. Утворення фосфідів, фосфатів та пірофосфатів.

Розчинність водню у різних металах. Вплив температури на розчинність водню в залізі. Вплив легуючих елементів на розчинність водню в залізі при температурах сталеваріння.

Вплив температури і вмісту легуючих елементів на розчинність азоту в залізі. Зміна вільної енергії Гіббса реакцій утворення нітридів.

Механізм дегазації сталі в мартенівській та конверторній плавці. Вплив водню та азоту на показники якості сталі. Вплив вакуумування на дегазацію сталі.

Шлакові розплави. Склад шлаків. Молекулярна теорія будови шлаків. Іонна теорія шлакових розплавів. Теорія досконалих та регулярних іонних розчинів.

Хімічні властивості шлаків. Основність. Окислювальна здатність. Кінетика передачі кисню з газової фази через шлак у метал.

Фізичні властивості шлаків. Теплопровідність, теплоємність, густина. Динамічна і кінематична в'язкість шлаку. Гомогенний та гетерогенний шлак. Молекулярна дифузія в шлаках. Електропровідність шлаку.

Поверхневий натяг шлаків. Поверхневий натяг металів. Вплив легуючих елементів на поверхневий натяг заліза та кольорових металів. Поверхневі характеристики оксидів.

Міжфазовий натяг. Вплив компонентів на величину міжфазового натягу. Адгезія і когезія.

2.4 Основи теорії окислювальної плавки

Під час проведення сесії вивчення теми займає 5 годин і 5 годин необхідно для самостійного вивчення матеріалу в повному обсязі.

Зміст робочої програми теми

Швидкість окислення в різних сталеплавильних агрегатах. Термодинаміка окислення. Кисневий потенціал. Зміна енергії Гіббса для реакцій утворення оксидів.

Процес зневуглецювання сталі. Тепловий ефект реакції зневуглецювання. Залежність коефіцієнтів активності вуглецю, кисню та їх добутку від вмісту вуглецю у розплаві залізо-вуглець. Вплив вмісту вуглецю на концентрацію кисню в металі. Схема зневуглецювання. Використання вакууму та інертних газів для збільшення швидкості зневуглецювання.

Процес окислення-відновлення марганцю. Фактори що сприяють окисленню марганцю. Швидкість окислення марганцю. Фактори, що впливають на відновлення марганцю. Марганець – пірометр плавки сталі.

Процес окислення-відновлення кремнію. Фактори, що сприяють окисленню кремнію. Швидкість окислення кремнію. Пасивний та активний кремнієвідновний процес. Фактори, що сприяють відновленню кремнію.

Процес окислення-відновлення фосфору. Стадії окислення фосфору. Фактори, що сприяють дефосфорації металу. Коефіцієнт розподілу фосфору. Швидкість дефосфорації. Явище рефосфорації.

Процес окислення-відновлення хрому. Рівноважний вміст хрому в рідкому залізі. Коефіцієнт розподілу хрому. Умови відновлення хрому.

Десульфуратія під час окислювальної плавки. Термодинамічні характеристики і міцності сульфідів. Потенціал сірки. Фактори, що впливають на десульфуратію. Коефіцієнт розподілу сірки. Дифузія сірки в шлаці. Поведінка сірки під час окислювальної плавки. Насичення металу сіркою. Десульфуратія при обробці металу порошкоподібним оксидом кальцію.

2.5 Розкислення і десульфуратія металів та сплавів. Теорія кристалізації зливків.

Під час проведення сесії вивчення теми займає 16 годин і 18 годин необхідно для самостійного вивчення матеріалу в повному обсязі.

Зміст робочої програми теми

Явище червоноламкості. Залежність між вмістом вуглецю і кисню в основній сталі. Кипляча, напівспокійна та спокійна сталь.

Схема осаджувального і дифузійного розкислення сталі. Основи осаджувального розкислення. Зміна коефіцієнта активності кисню у залізі під впливом елемента-розкислювача.

Первинні, вторинні, третинні та четвертинні неметалеві включення. Закон Стокса. Коалесценція та коагуляція включень. Робота адгезії. Чотири стадії осаджувального розкислення. Седиментація та сольватація включень.

Розкислення сталі марганцем. Діаграма стану системи закис залізо – окис марганцю. Схема впливу марганцю на структуру зливка киплячої сталі.

Розкислення сталі вуглецем. Розкислювальна здатність вуглецю при різних тисках газового середовища. Вакуумне розкислення.

Розкислення сталі кремнієм. Вплив температури на константу рівноваги реакції розкислення сталі кремнієм. Комплексне розкислення сталі марганцем та кремнієм. Вплив відношення концентрацій марганцю до кремнію на склад і фазовий стан неметалевих включень в сталі.

Розкислення сталі алюмінієм. Ізотерма вмісту кисню в залізі від концентрації алюмінію. Діаграма стану окис марганцю – кремнезем – корунд.

Розкислення сталі хромом, ванадієм, титаном, цирконієм, бором, кальцієм, магнієм та рідкоземельними металами. Теорія комплексного розкислення-модифікування сталі.

Дифузійне розкислення. Коефіцієнт розподілу кисню між рідкими металом і шлаком. Фактори, що сприяють дифузійному розкисленню. Утворення білого та карбідного шлаків. Переваги та недоліки дифузійного розкислення.

Обробка сталі синтетичним шлаком у ковші. Використання самоплавких шлакоутворюючих сумішей. Вдування порошків кальцію та магнію в рідку сталь.

Вторинне окислення сталі. Схема для визначення кількості інжектованого повітря струменем сталі. Утворення ендогенних та екзогенних неметалевих включень. Методи боротьби з вторинним окисленням.

Десульфуріяція чорних металів. Вплив концентрації різних елементів на коефіцієнти активності сірки у рідкому залізі. Вільна енергія Гіббса реакцій утворення сульфідів.

Десульфуріяція металу пічним шлаком. Умови ефективної десульфуріяції. Швидкість десульфуріяції. Десульфуріяція металу рідким синтетичним шлаком.

Десульфуріяція чавуну та сталі кальцієм, магнієм та іншими матеріалами. Використання порошкоподібного кальцію для десульфуріяції сталі та порошкоподібного магнію для десульфуріяції чавуну. Порівняння зміни стандартних енергій Гіббса для реакцій утворення оксидів і сульфідів. Десульфуріяція за допомогою соди та рідкоземельних металів.

Будова зливків киплячої, напівспокійної і спокійної сталі. Залежність швидкості зародження центрів кристалізації і швидкості росту кристалів від переохолодження. Зміна питомого об'єму заліза під час зниження температури. Дендритна форма кристалізації стовпчастих і рівновісних кристалів. Схема утворення бульбашок у зливковій киплячій сталі. Формування безперервного зливка. Тепловий баланс безперервного зливка. Зміна величини теплового потоку, температури поверхні і товщини поверхневої корки зливка в кристалізаторі і зоні вторинного охолодження.

Хімічна неоднорідність сталевих зливків. Зональна ліквіація. Позитивна та негативна ліквіація. Дендритна ліквіація. Вплив маси зливка на розвиток його хімічної неоднорідності. Вплив поперечного перерізу і швидкості охолодження на сегрегацію сталевих зливків.

3 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Лекції з дисципліни “Теорія металургійних процесів” є тільки каркасом повного масиву теоретичних знань. Подробиці теоретичних знань поповнюються студентами шляхом самостійної роботи. З метою полегшення роботи студентів над курсом до кожної теми досліджуваного матеріалу наведені посилання до літературних джерел, що потребує особливої уваги. Для кращого засвоєння пройденого матеріалу наприкінці кожної теми наведені питання для самоперевірки.

До самостійної роботи мають відношення також:

- підготовка до лабораторних робіт, оформлення звітів і захист лабораторних робіт;
- виконання контрольних робіт;
- виконання практичних робіт;
- виконання курсової роботи;
- підготовка до письмового екзамену.

Навчальним планом передбачається виконання лабораторних та практичних робіт, курсової роботи, контрольної роботи для студентів-заочників, а також здача модульного контролю для студентів як денного, так і заочного відділень.

3.1 Сучасний стан розвитку теорії і практики металургійного виробництва. Термодинаміка та кінетика дисоціації хімічних сполук

Під час вивчення даної теми особливу увагу треба звернути на термодинамічні і кінетичні закономірності дисоціації карбонатів та оксидів, що застосовуються в металургійному виробництві. Треба мати чітке уявлення про міцність карбонатів, про кисневий потенціал оксидів, про фактори, що впливають на швидкість і повноту завершення процесів дисоціації хімічних сполук.

[1, с.3-32, 56-66; 2, с.3-35; 3, с.3-5, 10-12; 4, с.5-9, 40-71].

3.1.1 Питання для самоперевірки

- 1 Що таке металургія?
- 2 Для чого потрібна теорія металургійного виробництва?
- 3 Як визначається константа хімічної рівноваги?
- 4 Які величини слугують мірою міцності карбонатів та оксидів?

5 Як визначається величина пружності дисоціації та від яких чинників вона залежить?

6 Як застосувати принцип Ле-Шательє до реакції дисоціації карбонатів?

7 Як пов'язані зміна енергії Гіббса та константа рівноваги хімічної реакції?

8 Як застосовується правило фаз Гіббса для вивчення реакції?

9 Що називається температурою початку дисоціації хімічної сполуки?

10 При яких умовах можливий інтенсивний розклад карбонатів?

11 Від чого залежить швидкість хімічної реакції?

12 Які періоди можна виділити на кінетичній кривій дисоціації карбонатів?

13 Чим лімітується швидкість процесу у перший період дисоціації карбонату?

14 Що називається перехідним режимом взаємодії?

15 Як визначають константи швидкості реакцій при різних температурах?

16 Що називають уявною енергією активації?

17 Як пов'язані енергія активації і тепловий ефект реакції?

18 Чому зростає швидкість реакції дисоціації в автокаталітичний період?

19 За допомогою яких рівнянь можна оцінити швидкість дисоціації хімічних сполук?

20 Як пояснити, що зменшення енергії активації призводить до збільшення константи швидкості реакції?

3.2 Основи теорії горіння та відновних процесів

Під час вивчення даної теми особливу увагу треба звернути на термодинамічні і кінетичні закономірності процесу горіння і газифікації твердого вуглецю, прямого і непрямого відновлення оксидів металу, вуглецевотермії, силіко- та алюмотермії. Треба мати чітке уявлення про міцність металооксидів, про умови пічної і позапічної металотермії, про вплив вакууму на процеси відновлення металооксидів.

[1, с.36-55, 97-108; 2, с.42-47; 3, с. 17-20, 25-28, 33-35; 4, с. 10-39, 75-105].

3.2.1 Питання для самоперевірки

- 1 Що таке процес горіння?
- 2 Як відбувається повне і двоетапне горіння?
- 3 Які фактори впливають на термодинамічну рівновагу реакції газифікації вуглецю?
- 4 Яким чином контролюється склад газу?
- 5 Що характеризує момент досягнення рівноваги?
- 6 Які хімічні реакції мають місце в системі вуглець-кисень?
- 7 Для яких металургійних процесів має важливе значення реакція газифікації вуглецю?
- 8 Які термодинамічні особливості реакції взаємодії вуглецю з водяною парою?
- 9 Для яких металургійних процесів має важливе значення взаємодія вуглецю з водяною парою?
- 10 При якій температурі водяна пара та діоксид вуглецю мають однакову спорідненість до вуглецю?
- 11 Який вплив тиску на газифікацію вуглецю водяною парою?
- 12 Які термодинамічні властивості повинна мати речовина, щоб її можливо було використати як відновник для метало оксиду?
- 13 Які відновники найчастіше використовують у металургії?
- 14 Що таке пряме і непряме відновлення оксидів і де воно застосовується?
- 15 Які відомі металотермічні процеси?
- 16 Що називається термічністю шихти у процесах метало термічного відновлення?
- 17 У чому суть правила Жемчужного?
- 18 Як визначається термодинамічна можливість проведення метало термічних реакцій?
- 19 Які відновники використовують під час одержання безвуглецевих феросплавів?
- 20 Що таке пічна та позапічна металотермія?

3.3 Металеві та шлакові розплави.

Поверхневі явища в металургійних процесах

Під час вивчення даної теми особливу увагу треба звернути на розчинність вуглецю, кисню, сірки, фосфору, водню та азоту у різних

металах та сплавах. Треба мати чітке уявлення про механізм дегазації сталі, про молекулярну та іонну теорію шлакових розплавів, про хімічні та фізичні властивості шлаків, в тому числі про поверхневий натяг шлаків і міжфазовий натяг на межі металу та шлаку.

[1, с. 72-119, 138-139; 2, с. 35-94; 3, с. 39-42, 47-49, 54-59; 4, с. 107-168].

3.3.1 Питання для самоперевірки

1 Чим відрізняються властивості твердого і рідкого металу, в чому їх подібність?

2 Назвіть головні фізичні властивості рідкого заліза?

3 Які розчини елементів у рідкому залізі близькі до ідеальних?

4 Перелічить форми існування вуглецю, кремнію, та фосфору в розплавах на основі заліза.

5 Перелічить форми існування марганцю, нікелю, хрому, кобальту, молібдену та кисню в розплаві на основі заліза.

6 В якій формі існують гази в розплавах на основі заліза?

7 Перелічить відомі методи визначення структури розплавів.

8 Назвіть теорії будови металургійних шлаків.

9 Який оксид переважає в кислому та основному шлаках?

10 Перелічить основні положення молекулярної теорії будови шлаків.

11 Розкрийте зміст іонної теорії будови шлаків.

12 Назвіть основні властивості досконалого іонного розчину.

13 Перелічить основні положення теорії регулярних іонних розчинів.

14 Як впливає основність на в'язкість гомогенного та гетерогенного шлаку?

15 Які основні фактори впливають на інтенсивність передачі кисню із газової фази через шлак у метал?

16 Як впливає змочування на міжфазовий натяг?

17 В яких випадках необхідно враховувати адгезію і когезію в сталеплавильних процесах?

18 Назвіть поверхнево-активні речовини.

19 Чи можливі зародження нової фази і перебіг хімічної реакції в гомогенній рідкій сталі?

20 Як впливає адсорбція на кінетику поверхневих реакцій?

3.4 Основи теорії окислювальної плавки

Під час вивчення даної теми особливу увагу треба звернути на термодинамічні і кінетичні закономірності проведення окислювальної плавки. Треба мати чітке уявлення про умови зневуглецювання сталі, про окислення-відновлення марганцю, про кремнієвідновний процес, про окислення-відновлення хрому та про десульфуріацію під час окислювальної плавки.

[1, с. 120-134; 2, с. 129-243; 4, с. 174- 195, 201-219].

3.4.1 Питання для самоперевірки

1 Перерахуйте основні стадії зневуглецювання сталі. Які ланки лімітують процес?

2 Де зароджуються і ростуть бульбашки оксиду вуглецю при зневуглецюванні сталі в подовій печі?

3 Яка дифузійна ланка відбувається повільніше: на межі шлак-метал чи на метал-бульбашки оксиду вуглецю?

4 Чим відрізняється непряме окислення вуглецю газоподібним киснем від прямого? Яке з них превалує при продуванні ванни?

5 Перелічить фактори, що прискорюють вигорання вуглецю в сталій ванні.

6 Порівняйте розкислюючи здатність марганцю та вуглецю.

7 Які фактори сприяють окисленню марганцю?

8 На якій поверхні поділу фаз проходить окислення марганцю?

9 Які фактори сприяють відновленню марганцю?

10 Чому марганець називають пірометром плавки?

11 Перерахуйте фактори, що сприяють окисленню кремнію.

12 Чому в основному процесі кремній повністю окислюється на початку плавки і в подальшому не відновлюється із шлаку в метал?

13 Назвіть умови, за яких забезпечується високий вміст кремнію в металі в ході кремнієвідновлювального процесу.

14 Назвіть фактори, що впливають на залишковий вміст фосфору в металі.

15 Яка роль кількості шлаку та його скочування в дефосфорації металу?

16 В чому полягає вплив основності шлаку на перебіг реакції дефосфорації?

17 Які фактори сприяють рефосфорації?

18 В чому полягає двояка роль температури у дефосфорації сталі?

19 Які фактори сприяють окисленню-відновленню хрому?

20 Поясніть причину впливу вдування порошкоподібного вапна на термодинаміку та кінетику процесу десульфурацію сталі під час окислювальної плавки.

3.5 Розкислення і десульфурація металів та сплавів. Теорія кристалізації зливків.

Під час вивчення даної теми особливу увагу треба звернути на термодинамічні і кінетичні закономірності розкислення та десульфурації рідкої сталі, на особливості кристалізації сталюого зливка. Треба мати чітке уявлення про умови розкислення марганцем, кремнієм, алюмінієм про умови комплексного осаджувального розкислення, про умови дифузійного розкислення, про десульфурацію чавуну та сталі, про позапічні методи обробки рідкого металу, про умови вторинного окислення, про особливості кристалізації зливків киплячої, напівспокоїної та спокійної сталі.

[1, с. 127-132, 134-138; 2, с. 271-313; 3, с. 71-75, 78-83; 4, с. 225-240].

3.5.1 Питання для самоперевірки

1 Які типи зливків утворюються при різних ступенях повноти розкислення сталі?

2 Яке рівняння використовується для розрахунку рівноважного вмісту кисню в металі, розкисленому марганцем?

3 Чому при сумісному розкисленні сталі марганцем та кремнієм підвищується розкислювальна здатність кремнію?

4 Які фактори сприяють збільшенню товщини безбульбашкової корки у зливку киплячої сталі?

5 Чим відрізняється дифузійне розкислення від осаджувального?

6 Який фактор забезпечує най шкоріше спливання неметалевих включень, що утворюються при осаджувальному розкисленні?

7 Проаналізуйте формулу Стокса?

8 Вкажіть приблизну рівноважну величину кисню при концентрації того чи іншого розкислювача в сталі на рівні 0,1% та при темпе-

ратурі 1600°C.

9 Чому при розкисленні сталі алюмінієм готовий метал містить менше неметалевих включень, ніж при розкисленні кремнієм або сілікомарганцем?

10 Яка роль комплексних розкислювачів, зокрема сплаву АМС, при розкисленні сталі алюмінієм?

11 Назвіть особливості розкислення сталі хромом, ванадієм, титаном, цирконієм, бором.

12 Чи можна уводити кальцій у рідкий метал? Які лігатури кальцію застосовуються?

13 У чому полягають переваги позапічної обробки металу в ковшах порівняно з рафінуванням у печах?

14 Чим відрізняється обробка металу в ковші синтетичним шлаком від дифузійного розкислення в печі?

15 Назвіть основні особливості виготовлення синтетичного шлаку та обробки ним металу в ковші.

16 В якому випадку магній ефективніший десульфуратор: при введенні його в чавун чи у рідку сталь?

17 Які кристалічні зони утворюються під час кристалізації киплячої сталі?

18 Як утворюються стільникові бульбашки?

19 Які фактори сприяють збільшенню товщини безбульбашкової корки зливка киплячої сталі?

20 Які кристалічні зони утворюються під час кристалізації зливка напівспокійної сталі?

21 Чому не кипить напівспокійна сталь?

22 Які кристалічні зони утворюються під час кристалізації спокійної сталі?

23 Що викликає утворення стовпчастих кристалів?

24 Чому в центрі зливка утворюються крупні рівновісні кристали без певної орієнтації?

25 Який механізм утворення „конусу осадження”?

26 Чому біля стінок виливниці утворюються дрібні кристали?

27 Які причини утворення усадочної раковини?

28 Як можна зменшити об’єм усадочної раковини?

29 Що є причиною ліквациї?

30 Чим відрізняється зональна і дендритна ліквация?

4 ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

На сесію виносяться 8 лабораторних робіт, які допомагають за своїти майже усі важливі питання теоретичного курсу. Під час проведення сесії виконання лабораторних робіт займає 30 години і 15 годин необхідно для самостійного оформлення звітів з виконаних робіт.

Усі лабораторні роботи проводяться в лабораторії фізичної хімії та теорії металургійних процесів кафедри “Машини і технологія ливарного виробництва”. Лабораторні роботи виконують за методичними вказівками [5].

Лабораторна робота № 1. Дисоціація карбонатів (4 години).

Мета проведення – експериментально визначити рівноважний тиск вугільного ангідриду над вибраним карбонатом, тобто пружність дисоціації карбонату при різних температурах.

Лабораторна робота № 2. Вивчення кінетичних закономірностей процесу дисоціації карбонатів (4 години).

Мета проведення – оволодіння методами прямого (експериментального) та непрямого аналізу кінетики дисоціації хімічних сполук, вивчення за їх допомогою впливу температури на кінетику дисоціації карбонатів та експериментальна перевірка теоретичних залежностей.

Лабораторна робота № 3. Реакція газифікації вуглецю (4 години).

Мета проведення – експериментально вивчити термодинамічні характеристики реакції газифікації вуглецю: визначити склад газової фази, при різних температурах; встановити температурні залежності константи рівноваги.

Лабораторна робота № 4. Металотермічне відновлення (4 години).

Мета проведення – шляхом термодинамічних розрахунків перевірити можливість проведення деяких металотермічних реакцій, оцінити термічність шихти та алюмотермічним способом одержати заданий викладачем метал або сплав.

Лабораторна робота № 5. Визначення поверхневого натягу металів за методом лежачої краплі (4 години).

Мета проведення – експериментально визначити поверхневий натяг у пробах сплавів на основі заліза на підкладці з певного вогнетривкого матеріалу.

Лабораторна робота № 6. Поглинання водню розплавами заліза (2 години).

Мета проведення – експериментально визначити вміст водню в пробах сплавів на основі заліза.

Лабораторна робота № 7. Вивчення процесу кристалізації зливків на прозорій моделі (4 години).

Мета проведення – вивчення процесу кристалізації зливка на прозорій моделі та визначення швидкості твердіння заливка в залежності від температури розплаву.

Лабораторна робота № 8. Моделювання розливки сталі у виливниці (4 години).

Мета проведення – практичне ознайомлення з впливом деяких факторів технології розливки сталі на розташування усадочної раковини та розвиток зон транскристалізації в зливку.

4.1 Загальні вказівки до виконання лабораторних робіт

Для забезпечення самостійного вивчення студентами лабораторних робіт під час виконання, необхідна належна їх організація. Лабораторне заняття, як правило починається з опитування слухачів з метою виявлення їх підготовки. Слухачі, які виявили недостатнє підготування і знання до занять не допускаються.

До виконання лабораторної роботи необхідно:

а) знати відповідний теоретичний та розрахунковий матеріал, мету роботи та методику її проведення;

б) знати будову приладів, які використовуються.

В процесі виконання роботи студенту необхідно:

а) точно виконувати вимоги техніки безпеки та правила експлуатації приладів, що використовуються;

б) виконувати роботи у відповідності з методикою та вказівками;

в) уважно проводити необхідні виміри та запис результатів;

г) аналізувати та критично оцінювати отримані результати.

Оформлення роботи та залік по кожній окремій темі здійснювати в той же час, який дається для виконання даної роботи. Залік по роботах за семестр здається разом з прийомом останньої роботи.

5 КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Кожний студент-заочник виконує три контрольні роботи:

- першу – з теоретичних тем №№ 2.1 і 2.2;
- другу – з теоретичних тем №№ 2.3 і 2.4;
- третю – з теоретичної теми № 2.5.

Контрольні роботи виконуються після вивчення відповідних розділів курсу і виконання відповідних лабораторних робіт. Контрольні роботи виконуються з метою закріплення теоретичних знань та практичних навичок, одержаних внаслідок вивчення дисципліни.

Завдання на кожну контрольну роботу подані у вигляді запитань і таблиці для 30 варіантів відповідей. Номера запитань у кожному варіанті визначені за допомогою випадкових чисел.

Обсяг контрольної роботи не повинен перевищувати одного зошита на 18 аркушів. На першій сторінці зошита записується № варіанта і перелік відповідних запитань. Студент вибирає той варіант, номер якого відповідає нумерації прізвища студента в журналі групи. У вигляді заголовка записується суть запитання, а потім іде відповідь. При виконанні контрольної роботи необхідно користуватися рекомендованою основною та додатковою літературою, а також треба використовувати заводські матеріали, проектно-конструкторських організацій та інші додаткові відомості з обов'язковим вказуванням джерела. При необхідності відповідь ілюструється схемами або ескізами. Для нотаток викладача необхідно залишити поля. Після кожної відповіді місце для зауважень викладача (2-3 рядки).

Контрольна робота завершується переліком використаної літератури, повинна мати підпис студента і бути поданою на кафедру М і ГЛВ не пізніше, ніж за 10 днів до початку екзаменаційної сесії.

Зауваження викладача ураховуються студентом під час підготовки до модульного контролю. На виконання контрольної роботи витрачається біля 8 годин.

До модульного контролю допускаються студенти, що одержали залік по контрольних роботах.

5.1 Завдання на контрольну роботу № 1

1 Що таке металургійне підприємство і якими методами добуваються метали з руд?

2 З чого складається теорія металургійного виробництва і який внесок зробили українські фахівці в цю теорію?

3 Що таке константа хімічної рівноваги, як вона виражається і для чого потрібна?

4 Що таке пружність дисоціації хімічної сполуки і які величини можуть служити мірою міцності карбонатів та оксидів?

5 Як виходячи з рівняння ізобари – ізохори передбачити вплив температури на константу рівноваги реакції дисоціації хімічної сполуки?

6 В чому суть принципу зміщення рівноваги Ле-Шательє? Як можна його застосувати до реакцій дисоціації карбонатів та оксидів?

7 Який зв'язок між зміною ізобарно-ізотермічного стандартного термодинамічного потенціалу та константою рівноваги хімічної реакції?

8 Як виявити умови утворення чи дисоціації хімічних сполук за допомогою діаграм залежностей пружності дисоціації карбонатів чи оксидів від температури?

9 В чому суть правила фаз Гіббса і як його застосувати для вивчення реакцій дисоціації хімічних сполук? Як визначається число ступенів вільності?

10 Що називається температурою початку дисоціації хімічної сполуки і при яких умовах можливий інтенсивний розклад карбонатів та оксидів?

11 Що можна сказати про міцність карбонатів кальцію та магнію, якщо відомі такі температурні залежності:

$$\lg P_{CO_2}(CaCO_3) = -9300/T + 7,85;$$

$$\lg P_{CO_2}(MgCO_3) = -6210/T + 6,8;$$

І такі умови: $P_{CO_2} = 0,0003 \text{ атм}$; $P_{\text{загальни}} = 1 \text{ атм}$?

12 Які реакції називаються моно хімічними?

13 Що таке термодинаміка та кінетика металургійного процесу?

14 Який фізичний зміст константи швидкості хімічної реакції і від яких факторів ця константа залежить?

15 Які кінетичні періоди проходить процес дисоціації хімічних сполук?

16 Що обмежує швидкість процесу у перші періоди дисоціації хімічних сполук?

17 Яка є методика розрахунку константи швидкості реакції дисоціації карбонатів чи оксидів?

18 З чого складається уявна енергія активації металургійного процесу?

19 Який висновок про лімітуючи стадію реакції можна зробити, виходячи з чисельної величини енергії активації?

20 Який існує зв'язок між уявною енергією активації і тепловим ефектом реакції дисоціації карбонату чи оксиду?

21 Чому зростає швидкість хімічної реакції під час проведення автокаталітичного періоду дисоціації?

22 Які рівняння характеризують швидкість дисоціації карбонатів та оксидів?

23 Як доказати, що зменшення енергії активації призводять до збільшення константи швидкості хімічної реакції?

24 Що таке процес горіння і чим він відрізняється від інших процесів окислення?

25 Які є реакції у системі вуглець – кисень?

26 Що таке реакція газифікації вуглецю і де вона відбувається у реальних умовах металургійного виробництва?

27 Що впливає на термодинамічну рівновагу реакції газифікації вуглецю?

28 Як контролюється склад газу у системі вуглець – кисень і для чого це потрібно?

29 Скільки змінних необхідно задати для опису рівноваги в системі вуглець – оксид вуглецю – діоксид вуглецю і що характеризує момент досягнення рівноваги?

30 Як змінюються властивості газоподібної фази зі зміною її складу?

31 Якими реакціями визначається рівноважний склад продуктів горіння якщо процес відбувається:

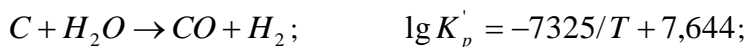
в умовах надлишку вуглецю?

В умовах надлишку кисню?

32 Які термодинамічні та кінетичні особливості реакції взаємодії вуглецю з водяною парою?

33 Як впливають температура та тиск на рівноважний скла газової фази реакції взаємодії вуглецю з водяною парою?

34 В області яких температур одержують переважний розвиток такі реакції:



35 Де у металургії застосовується реакція взаємодії вуглецю з водяною парою?

36 Вміст яких газів визначає відповідні властивості газоподібної фази у системі вуглець – водень – водяна пара – оксид вуглецю–діоксид вуглецю?

37 При яких змінах температури та тиску збільшується відношення CO/CO_2 та H_2/H_2O ?

38 При якій температурі водяна пара та діоксид вуглецю мають однакову спорідненість до вуглецю?

39 Як впливають температура та тиск на газифікацію вуглецю водяною парою?

40 Чим можна відновити метал з оксидів?

41 Як впливає спорідненість до кисню на відновну здатність різних речовин?

42 В чому різниця між прямим та непрямим відновленням металів з руд?

43 Де застосовується відновлення металів за допомогою вуглецю?

44 У чому суть металотермічного відновлення?

45 Що таке силікотермія та алюмініотермія?

46 Як визначається термічність шихти у процесах металотермічного відновлення?

47 Як застосовується правило Жемчужного у позапічній металургії?

48 Які переваги і недоліки пічної та позапічної металотермії?

49 Які матеріали використовують у металургії для одержання безвуглецевих феросплавів?

50 Чому під час прямого відновлення оксидів за допомогою вуглецевістких матеріалів метали насичуються вуглецем?

Таблиця 5.1 – Розподіл запитань по варіантам контрольної роботи № 1

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№№ запитань	28	16	36	34	39	20	32	42	30	25
	33	19	13	11	37	2	26	15	10	23
	12	31	14	9	45	17	27	47	8	49

Варіант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
№№ запитань	16	13	21	35	20	29	6	5	28	18
	32	44	17	27	48	10	7	21	40	4
	38	9	4	18	6	30	34	50	3	38

Варіант	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
№№ запитань	7	22	43	36	19	24	42	44	23	50
	33	11	1	26	41	39	22	43	5	41
	46	24	25	46	2	8	15	29	14	31

5.2 Завдання на контрольну роботу № 2

1 Чим рідкі метали відрізняються від твердих і чим вони подібні?

2 Які фізичні та хімічні властивості має рідке залізо?

3 Чому розчини деяких елементів у рідкому залізі можуть називатися ідеальними?

4 У яких формах існує вуглець у розплавах на основі заліза і які домішки збільшують розчинність вуглецю у залізі?

5 У яких формах існують кремній, марганець, нікель, хром, кобальт та молібден у розплавах на основі заліза?

6 У якій формі існують гази в розплавах на основі заліза і у чому суть закону Сивертса?

7 У чому розчинність газів в рідинах і металах підпорядковується різним законам і якими рівняннями описуються ці закони?

8 Від яких факторів залежить розчинність газів у сплавах на основі заліза?

9 Чому при підвищенні температури відбувається стрибкоподібна зміна розчинності водню та азоту в залізі?

10 Які є джерела надходження водню та азоту в метал під час плавки?

11 Як впливає ступінь легування розплаву на основі заліза на розчинність газів у ньому?

12 В чому виявляється шкідливий вплив водню та азоту на властивості сталі і які є заходи боротьби з воднем та азотом?

13 Від яких факторів залежить максимальна розчинність водню та азоту у киплячій металічній ванні?

14 З яких компонентів складаються металургійні шлаки?

15 Чим характеризується основні, кислі та амфотерні шлаки?

16 У чому суть молекулярної теорії будови шлаків?

17 У чому суть іонної теорії будови розплавлених шлаків?

18 Що таке питома електрична провідність шлаку?

19 Що таке досконалий іонний розчин?

20 Що таке регулярний іонний розчин?

21 Що розуміють під енергією активації переміщення іонів і як вона залежить від температури?

22 Які іони складають основний внесок у електричну провідність шлакових розплавів?

23 В яких металургійних процесах важлива електропровідність рідких шлаків?

24 Що таке в'язкість і в яких одиницях вона вимірюється?

25 Які є методи вимірювання в'язкості шлакових розплавів?

26 Як пов'язані склад та в'язкість шлакових розплавів?

27 Чим відрізняються температурні залежності в'язкості для кислих та основних шлаків?

28 На які процеси у сталеплавильній ванні впливають основність шлаку та його в'язкість?

29 Який вираз основності шлаку враховує його повний склад і які є взагалі вирази основності шлаку?

30 Які основні технологічні функції виконують шлаки в металургійних агрегатах?

- 31 У чому суть поверхневих явищ у металургії?
- 32 У чому вимірюється поверхневий натяг на межі розділу двох фаз?
- 33 Які відомі методи визначення поверхневого натягу металевих рідин?
- 34 Як змінюється поверхневий натяг металів з підвищенням температури?
- 35 Що таке повне і неповне змочування твердих поверхонь рідинами?
- 36 Які рівняння дозволяють розрахувати роботу когезії та адгезії?
- 37 Як впливають домішки на поверхневий натяг розплаву заліза?
- 38 Як впливає матеріал твердої поверхні на крайовий кут змочування сплавів на основі заліза?
- 39 Які легуючі елементи є поверхнево-активними чи ін активними у сплавах на основі заліза?
- 40 З яких стадій складається процес зневуглецювання сталі?
- 41 Які фактори впливають на процес передачі кисню з газової фази через шлак у метал?
- 42 Яку роль виконує під печі у процесі зневуглецювання сталі?
- 43 Які ланки процесу зневуглецювання сталі відбуваються в дифузійному режимі? Чому вони гальмують загальний процес?
- 44 Як сполучаються пряме і непряме окислення вуглецю під час продування сталеплавильної ванни?
- 45 Як можна прискорити процес вигорання вуглецю у сталеплавильній ванні?
- 46 Чим відрізняється розкислююча здатність марганцю від вуглецю?
- 47 Що сприяє окисленню марганцю під час кипіння сталеплавильної ванни?
- 48 Де відбувається процес окислення марганцю під час проведення окислювальної плавки?
- 49 При яких умовах починається відновлення марганцю під час кипіння сталеплавильної ванни?
- 50 Який легуючий елемент називають пірометром окислювальної плавки сталі?
- 51 Що сприяє окисленню кремнію під час кипіння сталеплавильної ванни?

52 При яких умовах кремній цілком окислюється на початку окислювальної плавки?

53 Що таке кремнієвідновний процес?

54 Що сприяє окисленню фосфору під час кипіння сталеплавильної ванни?

55 Як впливає оновлення шлаку на процес дефосфорації сталі?

56 Від яких чотирьох факторів залежить перебіг реакції дефосфорації чорних металів?

57 В яких умовах може відбуватися процес рефосфорації сталі?

58 Чому температура двояко впливає на процес дефосфорації - рефосфорації сталі?

59 Що сприяє окисленню-відновленню хрому під час кипіння сталеплавильної ванни?

60 Як можна прискорити процес десульфурзації сталі під час проведення окислювальної плавки.

Таблиця 5.2 – Розподіл запитань по варіантам контрольної роботи № 2

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№№ запитань	4	7	30	39	12	8	35	21	13	10
	22	34	40	20	50	37	42	49	36	17
	41	23	6	14	9	38	16	31	15	1

Варіант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
№№ запитань	33	11	51	57	2	60	28	54	47	55
	24	18	26	3	53	27	45	29	52	18
	48	43	5	19	25	44	59	46	32	30

Варіант	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
№№ запитань	7	4	10	9	20	51	53	5	46	1
	56	34	2	58	8	3	55	27	47	13
	25	58	33	17	23	6	12	51	56	36

5.3 Завдання на контрольну роботу № 3

- 1 Як відрізняються сталі за ступенем розкислення?
- 2 Як розкислюється кипляча сталь?
- 3 Як розкислюється напівспокійна сталь?
- 4 Як розкислюється спокійна сталь?
- 5 Якими рівняннями характеризується процес розкислення сталі марганцем?
- 6 Якими рівняннями характеризується процес розкислення сталі кремнієм?
- 7 Як впливає сумісне розкислення сталі марганцем та кремнієм на розкислювальну здатність марганцю?
- 8 Які є способи розкислення сталі у печі та за її межами?
- 9 Що таке осаджувальне розкислення?
- 10 Якими рівняннями характеризується процес розкислення сталі алюмінієм?
- 11 Як впливає спорідненість до кисню на розкислювальну здатність легуючого елементу?
- 12 Що таке неметалеві включення і які джерела їх утворення?
- 13 Що забезпечує спливання неметалевих включень, які утворюються при осаджувальному розкисленні?
- 14 Як формула Стокса характеризує процес спливання неметалевих включень?
- 15 Які неметалеві включення утворюються при осаджувальному розкисленні сталі марганцем, кремнієм чи алюмінієм?
- 16 Що таке неметалеві включення першого, другого та третього роду?
- 17 Які бувають комплексні розкислювачі сталі?
- 18 В чому перевага сплаву АМС (алюміній-марганець-кремній) перед іншими комплексними розкислювачами?
- 19 Якими рівняннями характеризується процес розкислювання сталі хромом та ванадієм?
- 20 Якими рівняннями характеризується процес розкислення сталі титаном і як він впливає на утворення нітридної фази?
- 21 Як впливають цирконій та бор на утворення оксидів та нітридів у рідкій та твердій сталі?
- 22 Як лігатури кальцію та магнію застосовуються для розкислення чорних металів?

- 23 Якими рівняннями характеризується процес розкислення сталі кальцієм та магнієм?
- 24 Що таке рідкоземельні метали і як вони застосовуються для розкислення сталі?
- 25 Як відбувається позапічне осаджувальне розкислення сталі?
- 26 Що таке дифузійне розкислення сталі?
- 27 Як впливає атмосфера печі на процес дифузійного розкислення сталі?
- 28 Що таке дифузійне розкислення сталі під білим шлаком?
- 29 Що таке дифузійне розкислення сталі під карбідним шлаком і для чого воно застосовується?
- 30 В чому суть позапічної обробки сталі пічним шлаком?
- 31 Які бувають синтетичні шлаки?
- 32 В чому суть позапічної обробки сталі синтетичним шлаком?
- 33 В чому суть продування чорних металів у ковші порошкоподібними розкислювачами?
- 34 В чому суть чотирьох умов десульфурації чорних металів під час відновної плавки?
- 35 Як десульфуратори і чому застосовуються для обробки чавуну та сталі?
- 36 Як впливає вакуум на розкислення сталі?
- 37 Що дає продування сталі інертними газами?
- 38 Чим характеризується процес мікролегування- модифікування чорних металів?
- 39 Що таке первинні, вторинні, третинні та четвертинні неметалеві включення?
- 40 Як утворюються оксиди, сульфіди, нітриди та карбіди у чорних металах?
- 41 Які типи зливків утворюються при різних ступенях повноти розкислення сталі?
- 42 Чим характеризується структура зливка киплячої сталі?
- 43 Чим характеризується структура зливка напівспокійної сталі?
- 44 Що впливає на товщину безбульбашкової корки у зливку киплячої сталі?
- 45 Для чого необхідне механічне чи хімічне закупування зливка киплячої сталі?
- 46 Коли і як утворюються стільникові бульбашки?
- 47 Чому не „кипить” напівспокійна сталь?

- 48 Чим характеризується структура зливка спокійної сталі?
 49 Що таке усадочна раковина і як вона утворюється?
 50 Від яких факторів залежить об'єм усадочної раковини?
 51 Які усадочні дефекти є у зливках киплячої та напівспокійної сталі?
 52 Що таке „конус осадження”?
 53 Як утворюються дрібні і крупні рівновісні кристали без певної орієнтації у зливках спокійної сталі?
 54 Що таке стовпчасті кристали у зливках спокійної сталі?
 55 Чим відрізняється дифузійне розкислення від осаджувального?
 56 Що таке ліквація та сегрегація литої сталі?
 57 Що таке дендритна ліквація?
 58 Що таке зональна ліквація?
 59 Як працює механізм зародження центрів кристалізації і росту кристалів?
 60 В чому суть вторинного окислення сталі?

Таблиця 5.3 – Розподіл запитань по варіантам контрольної роботи № 3

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№№ запитань	60	4	28	7	54	30	47	39	55	12
	27	22	45	34	29	40	52	20	18	50
	44	41	59	23	46	6	32	14	30	9

Варіант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
№№ запитань	7	8	4	35	10	21	9	13	20	10
	56	37	34	42	2	49	58	36	8	17
	25	38	58	16	33	31	17	15	23	1

Варіант	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
№№ запитань	51	33	53	11	5	51	46	57	1	2
	3	24	55	18	27	26	47	3	13	53
	6	48	12	43	51	5	56	19	36	25

6 ОРГАНІЗАЦІЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Курсову роботу з дисципліни “Теорія металургійних процесів” студенти виконують разом з вивченням теоретичного курсу в обсязі 1,0 кредиту ЄКТС (30 годин), як індивідуальне завдання.

Темою курсової роботи є розрахунок коефіцієнтів активності елементу в складному розплаві. В окремих випадках, за самостійним бажанням студента, курсова робота може мати характер експериментальної науково-дослідної роботи. Темою роботи в цьому випадку може бути розробка нових металургійних процесів, їх розрахунок та обґрунтування. При цьому варто керуватися проблемами, які існують на металургійних підприємствах.

Тему курсової роботи студенти вибирають з розділу 6.5 даних методичних вказівок за варіантом, номер якого відповідає нумерації прізвища студента в журналі групи.

6.1 Зміст та обсяг курсової роботи

Курсова робота – комплексна самостійна робота студента, яка складається з теоретичної частини, присвяченій поведінці вуглецю, кисню та сірки (залежно від завдання) в умовах окислювального періоду сталеплавильного процесу, коли у рідкому залізі знаходиться 1% одного з п’яťох легуючих елементів (залежно від завдання). Далі іде рішення задачі з метою визначення активності вуглецю, кисню чи сірки у потрійних системах (залежно від завдання). Під час розв’язання завдання виконується 1 рисунок формату А4, який ілюструє вплив легуючих елементів на коефіцієнт активності вуглецю, кисню чи сірки (залежно від завдання) у розплавленому залізі при 1600°C (див рис. 6.1).

Об’єкт курсової роботи – складний металевий розплав.

Мета роботи – розрахувати коефіцієнти активності елементу в складному розплаві.

Курсова робота повинна включати в себе графічну частину (обсягом 1 аркуш формату А4) та розрахунково-пояснювальну записку (обсягом 25-35 аркушів). Зміст, обсяг і терміни виконання курсової роботи наведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Зміст, обсяг і терміни виконання курсової роботи

Модулі (блоки змістовних модулів)	Назви змістовних модулів (етапи виконання)	Розподіл навчального часу (види занять), години		Термін виконання, тиждень	Обсяг навантаження студента, години
		Консультації з викладачем	Самостійна робота студента		
1 Вихідні дані для роботи.	Отримання завдання на спеціальному бланку, що включає назву теми, обсяг, зміст і термін виконання.	0,25	1	1	1,25
2 Розрахунково-пояснювальна частина роботи.	Виконання теоретичної частини роботи.	1,5	20	11	21,5
	Виконання розрахункової частини роботи.	0,5	3	12	3,5
3 Оформлення пояснювальної записки.	Оформлення пояснювальної записки.	0,5	2	13	2,5
4 Захист курсової роботи.		0,25	1	14	1,25
Загальна кількість		3,0	27	–	30

6.2 Вимоги до графічної частини роботи

Графічна частина роботи виконується на міліметровому папері олівцем, або за допомогою графічних редакторів (AutoCAD, КОМПАС-3D та інших) у відповідності з вимогами ЄСКД та ЄСТД.

Аркуш 1. Вплив легуючих елементів на коефіцієнт активності елементу в розплавленому залізі при 1600°C (формат А4).

6.3 Вимоги до оформлення розрахунково-пояснювальної записки курсової роботи

Розрахунково-пояснювальну записку виконують на аркушах паперу формату А4 (297x210 мм) чорними або синіми чорнилами, стисло та зрозуміло, з полями: розмір лівого поля не менше ніж 25 мм,

правого – 10; верхнього та нижнього - по 20 мм. Або у текстовому редакторі Microsoft Word: шрифт – Times New Roman, розміром 14 пунктів, міжрядковий інтервал – 1,5, абзацний відступ – 10 мм. У записці повинні бути посилання на використані довідникові, літературні та інші джерела (посилання на літературу вказуються у тексті цифрами у квадратних дужках, а у списку літератури під цим номером приводиться джерело, звідки взятий матеріал, що використовується).

Розрахунково-пояснювальна записка до курсової роботи повинна відображати увесь об'єм робіт, виконаних студентами.

При оформленні розрахунково-пояснювальної записки обов'язково користуватися літературними джерелами [15, 16].

6.4 Структура розрахунково-пояснювальної записки

Записка повинна включати в себе (у зазначеній послідовності):

- 1) титульний лист;
- 2) завдання на роботу;
- 3) реферат;
- 4) зміст;
- 5) вступ;
- 6) теоретична частина
- 7) розрахункова частина;
- 8) висновки;
- 9) перелік посилань.

Зразковий зміст окремих розділів розрахунково-пояснювальної записки.

1 Реферат.

Реферат повинен відображати основний зміст записки і зосереджувати увагу на нових відомостях. Його обсяг не повинний перевищувати однієї сторінки рукописного тексту (Додаток Г) [15, 16].

2 Вступ.

У вступі наводиться стислий аналіз існуючих металургійних процесів, вибір оптимального технічного процесу та його техніко-економічне обґрунтування. Вибраний технологічний процес повинен забезпечувати високу якість продукції, що випускається.

3 Теоретична частина.

Конкретний розподіл матеріалу теоретичної частини залежить від теми роботи і може бути зроблений в таких варіантах.

Варіант 1. Розрахунок коефіцієнтів активності вуглецю в складному розплаві.

- 1 Термодинаміка розчинності вуглецю в розплавах на основі заліза.
- 2 Вплив вуглецю на властивості сплавів на основі заліза.
- 3 Вплив вуглецю на структуру сплавів на основі заліза.
- 4 Термодинаміка поведінки вуглецю в умовах окислювального періоду сталеплавильного процесу.
- 5 Взаємодія вуглецю з легуючими елементами.
- 6 Розрахункова частина.

Варіант 2. Розрахунок коефіцієнтів активності кисню в складному розплаві.

- 1 Термодинаміка розчинності кисню в розплавах на основі заліза.
- 2 Вплив кисню на властивості сплавів на основі заліза.
- 3 Термодинаміка процесу розкислення сталі.
 - 3.1 Дифузійне розкислення.
 - 3.2 Осаджувальне розкислення.
 - 3.3 Розкислення рідкими синтетичними шлаками.
- 4 Термодинаміка розкислення сталі різними елементами.
 - 4.1 Розкислення сталі марганцем, кремнієм, алюмінієм.
 - 4.2 Розкислення сталі хромом, ванадієм, титаном, цирконієм, бором, кальцієм, магнієм та рідкоземельними металами.
 - 4.3 Комплексне розкислення сталі.
- 5 Вплив ступені розкислення сталі на структуру зливків.
- 6 Розрахункова частина.

Варіант 3. Розрахунок коефіцієнтів активності сірки в складному розплаві.

- 1 Термодинаміка розчинності сірки в розплавах на основі заліза.
- 2 Вплив сірки на властивості сплавів на основі заліза.
- 3 Термодинаміка процесу десульфурації сталі.
 - 3.1 Десульфурація марганцем та содою.
 - 3.2 Десульфурація кальцієм та магнієм.

3.3 Десульфурация рідкими синтетичними шлаками.

4 Стадії десульфуратії сплавів на основі заліза.

5 Поведінка сірки під час плавки в різних плавильних агрегатах.

6 Розрахункова частина.

Всі розділи теоретичної частини розрахунково-пояснювальної записки повинні супроводжуватися ескізами, схемами, таблицями і графіками, що варто виконувати олівцем, або в електронному вигляді. Всі обґрунтування на схемах повинні відповідати описам у тексті пояснювальної записки.

4 Розрахункова частина.

При виконанні розрахунків повинні бути зазначені всі вихідні дані, необхідні для підстановки у розрахункові формули з обов'язковою вказівкою одиниць вимірювання. Всі розрахунки повинні мати логічне завершення. Всі формули, які використані для розрахунку та аналізу, слід позначати цифрами в круглих дужках.

Тема завдання: Розрахунок коефіцієнтів активності елементу в складному розплаві

Вважаємо, що в розчині „А-В” компонент „В” розчинений у компоненті „А”. Тоді активність компонента „В” змінюється при додаванні у розчин інших компонентів: „С, Д і т.д.” У складному розчині коефіцієнт активності γ_B буде залежати від природи і концентрації інших компонентів розчину:

$$\ln \gamma_B = f(x_B, x_C, x_D \dots x_i) \quad (6.1)$$

Для урахування впливу усіх компонентів розчину на активність компонента „В” застосовують так звані „параметри взаємодії”. Тоді:

$$\begin{aligned} \ln \gamma_B = & \ln \gamma_B^0 + \frac{\partial \ln \gamma_B}{\partial x_B} x_B + \frac{\partial \ln \gamma_B}{\partial x_C} x_C + \dots + \\ & + \left[\frac{1}{2} \cdot \frac{\partial^2 \ln \gamma_B}{\partial x_B^2} x_B^2 + \frac{\partial^2 \ln \gamma_B}{\partial x_B \partial x_C} x_B x_C \right] + \dots \end{aligned} \quad (6.2)$$

Похідні $\frac{\partial \ln \gamma_B}{\partial x_B} x_B$, $\frac{\partial \ln \gamma_B}{\partial x_C}$ і т.д. називають параметрами взаємодії першого порядку. В загальному випадку їх позначають:

$$\varepsilon_i^j = \left\{ \frac{\partial \ln \gamma_i}{\partial x_j} \right\}_{x_i \rightarrow 0} \quad (6.3)$$

Похідні $\frac{\partial^2 \ln \gamma_B}{\partial x_B}$ і $\frac{\partial^2 \ln \gamma_B}{\partial x_B \partial x_C}$ називають параметрами взаємодії другого порядку і в загальному випадку:

$$\rho_i^j = \left\{ \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial^2 \ln \gamma_i}{\partial x_j^2} \right\}_{x_i \rightarrow 0} \quad (6.4)$$

$$\rho_i^{j,k} = \left\{ \frac{\partial^2 \ln \gamma_i}{\partial x_j \partial x_k} \right\}_{x_i \rightarrow 0; x_k \rightarrow 0} \quad (6.5)$$

З урахуванням виразів (6.3) - (6.5) рівняння (6.2) приймає такий вигляд:

$$\ln \gamma_i = \ln \gamma_i^0 + \sum_{j=2}^n \varepsilon_i^j \cdot x_j + \sum_{j=2}^n \rho_i^j \cdot x_j^2 + \sum_{j=2}^n \sum_{\substack{k=2 \\ j < k}}^n \rho_i^{j,k} \cdot x_j \cdot x_k \quad (6.6)$$

Таким чином, для складного розплаву „А-В-С-Д-...” параметри взаємодії першого порядку показують вплив доданих компонентів (С, Д і т.д.) на коефіцієнт активності розчиненого компонента (В) при невеликих концентраціях цього компонента (В).

Параметри взаємодії другого порядку показують характер зміни параметра взаємодії першого порядку ($\varepsilon_B^C, \varepsilon_B^D, \dots$) під впливом збільшення концентрації інших компонентів (С, Д ...) у розплаві.

Як правило зручніше узяти за стандартний стан 1% -ний розчин компонента „і” у розплаві і застосувати десяткові логарифми замість натуральних. Тоді перший доданок виключається, оскільки $f_i^0 = 1$ і $\lg f_i^0 = 0$, а вираз (6.6) приймає вигляд:

$$\lg f_i = \sum_{j=2}^n e_i^j [\% j] + \sum_{j=2}^n r_i^j [\% j] + \sum_{j=2}^n \sum_{\substack{k=2 \\ j < k}}^n r_i^{j,k} [\% j][\% k] \quad (6.7)$$

де фігурують інші параметри взаємодії першого та другого порядку:

$$e_i^j = \left\{ \frac{\partial \lg f_i}{\partial [\% j]} \right\}_{[\% j] \rightarrow 0}; \quad (6.8)$$

$$r_i^j = \left\{ \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial^2 \lg f_i}{\partial [\% j]^2} \right\}_{[\% j] \rightarrow 0}; \quad (6.9)$$

$$r_i^{j,k} = \left\{ \frac{\partial^2 \lg f_i}{\partial [\% j] \partial [\% k]} \right\}_{[\% j]_i \rightarrow 0; [\% k] \rightarrow 0}; \quad (6.10)$$

При малих концентраціях розчинених компонентів (С, Д...) доданками, що містять у собі параметри взаємодії другого порядку, можна знехтувати. Тоді вираз (6.6) спрощується:

$$\lg f_B = e_B^B [\% B] + e_B^C [\% C] + e_B^D [\% D] + \dots \quad (6.11)$$

Між параметрами взаємодії існують такі співвідношення:

$$e_i^j = \frac{M_A}{230,3 \cdot M_j} \varepsilon_i^j, \quad (6.12)$$

де M_A - атомна маса металу – розчинника;

M_j - атомна маса компонента " j".

Зокрема, для розчинів у залізі:

$$e_i^j = \frac{0,245}{M_j} \varepsilon_i^j \quad (6.13)$$

Між так званими „перехресними” параметрами взаємодії існує простий зв’язок:

$$\varepsilon_i^j = \varepsilon_j^i; \quad (6.14)$$

$$e_i^j = \frac{M_i}{M_j} e_i^j; \quad (6.15)$$

Для бінарних розчинів „А-і”, де „А” – розчинник, а „і” – розчинена речовина при низькій концентрації, матимемо:

$$\ln \gamma_i = \ln \gamma_i^O + x_i \cdot \varepsilon_i^j. \quad (6.16)$$

Використовуючи основні співвідношення між параметрами взаємодії, можна знаходити значення коефіцієнтів активності компонентів у складних багатокомпонентних розплавах, у тому числі і на основі заліза (таблиця 6.2) [4, с.279]:

Параметри взаємодії " e_i^j " залежить від температури розплаву. Ця залежність має загальний вигляд:

$$e_i^j = A/T + B. \quad (6.17)$$

Значення коефіцієнтів „А” і „В” для деяких параметрів взаємодії також можна знайти у спеціальній літературі [4, с. 280] і таблиці 6.3:

Таблиця 6.2 – Параметри взаємодії першого порядку для розчинів вуглецю, водню, азоту, кисню та сірки в рідкому залізі при 1600°C

Елемент, χ	e_C^x	e_H^x	e_N^x	e_O^x	e_S^x
Al	0,043	0,013	-0,028	-3,9	0,035
B	0,24	0,05	0,094	-2,6	0,13
C	0,14	0,06	0,13	-0,13	0,11
Co	0,008	0,002	0,011	0,008	0,003
Cr	-0,024	-0,002	-0,047	-0,04	-0,011
Cu	0,016	-0,001	0,009	-0,013	-0,008
Mn	-0,012	-0,001	-0,002	-0,021	-0,026
Mo	-0,008	0,002	-0,011	0,004	0,003
N	0,11	-	0	-0,57	0,01
Nb	-0,06	-0,002	-0,06	-0,14	-0,013
Ni	0,012	0	0,01	0,006	0
O	-0,34	-0,19	0,05	-0,20	-0,27
P	0,051	0,011	0,045	0,07	0,29
S	0,046	0,008	0,007	-0,133	-0,028
Si	0,08	0,027	0,047	-0,131	0,063
Sn	0,041	0,005	0,007	-0,011	-0,004
Ti	-	-0,019	-0,53	-0,31	-0,072
V	-0,077	-0,007	-0,093	-0,14	-0,016
W	-0,006	-0,005	-0,002	-0,009	0,01
Zr	-	-	-0,63	(-3,0)	-0,052

Таблиця 6.3 – Вплив температури на параметри взаємодії першого порядку (значення коефіцієнтів „А” і „В” в рівнянні (6.17))

e_i^j	e_O^O	e_O^{Al}	e_N^{Nh}	e_N^V	e_N^{Ti}	e_S^S	e_S^{Cr}	e_C^C	e_C^{Si}
A	-1750	-20600	-260	-350	-4070	233	-94,2	158	162
B	0,734	7,15	0,0796	0,094	1,643	-0,153	0,0396	0,0581	0,008

Приклад 6.1

Розплав залізо-вуглець містить 0,3% вуглецю.

Визначити коефіцієнт активності " f_C " при 1600°C і розрахувати значення " f_C " при додаванні в цей розплав по 1% таких легуючих елементів: ванадій, нікель, марганець, мідь, хром. Розрахувати активність вуглецю в цих розплавах.

Рішення

Коефіцієнт активності вуглецю у бінарному розплаві залізо-вуглець визначається з співвідношення:

$$\lg f_C = e_C^C \cdot [\% C] \quad (6.18)$$

З таблиці 6.2 визначаємо $e_C^C = 0,14$.

Тоді $\lg f_C = 0,14 \cdot 0,3 = 0,042$; $f_C = 1,10$.

Добавки легуючих елементів викликають зміну коефіцієнту активності вуглецю.

Для потрійної системи залізо-вуглець-легуючий елемент маємо:

$$\lg f_C^x = e_C^C \cdot [\% C] + e_C^x [\% x]. \quad (6.19)$$

Спочатку додаємо 1% ванадію.

З таблиці 6.2 визначаємо $e_C^V = -0,077$.

Тоді з рівняння (6.19) знайдемо коефіцієнт активності вуглецю у системі залізо-вуглець-ванадій:

$$\lg f_C^V = 0,14 \cdot 0,3 - 0,077 \cdot 1 = -0,035; f_C^V = 0,92.$$

Таким чином, ванадій зменшує коефіцієнт активності вуглецю розчиненого у рідкому залізі.

Розрахунки показують, що марганець і хром також зменшують коефіцієнт активності вуглецю у рідкому залізі.

З таблиці 6.2 визначаємо:

$$e_C^{Mn} = -0,012; \quad e_C^{Cr} = -0,024.$$

З рівняння (6.19) знаходимо коефіцієнти активності вуглецю у системах залізо-вуглець-марганець і залізо-вуглець-хром:

$$\lg f_C^{Mn} = 0,14 \cdot 0,3 - 0,012 \cdot 1 = 0,03; \quad f_C^{Mn} = 1,07$$

$$\lg f_C^{Cr} = 0,14 \cdot 0,3 - 0,024 \cdot 1 = 0,018; \quad f_C^{Cr} = 1,04$$

В той же час нікель і мідь збільшують коефіцієнт активності вуглецю у рідкому залізі.

З таблиці 6.2 визначаємо:

$$e_C^{Ni} = 0,012; \quad e_C^{Cu} = 0,016.$$

З рівняння (6.19) знаходимо коефіцієнти активності вуглецю у системах залізо-вуглець-нікель і залізо-вуглець-мідь:

$$\lg f_C^{Ni} = 0,14 \cdot 0,3 - 0,012 \cdot 1 = 0,054; \quad f_C^{Ni} = 1,13;$$

$$\lg f_C^{Cu} = 0,14 \cdot 0,3 - 0,016 \cdot 1 = 0,058; \quad f_C^{Cu} = 1,14.$$

Результати розрахунків оформлюємо у вигляді графіка (рисунок 6.1).

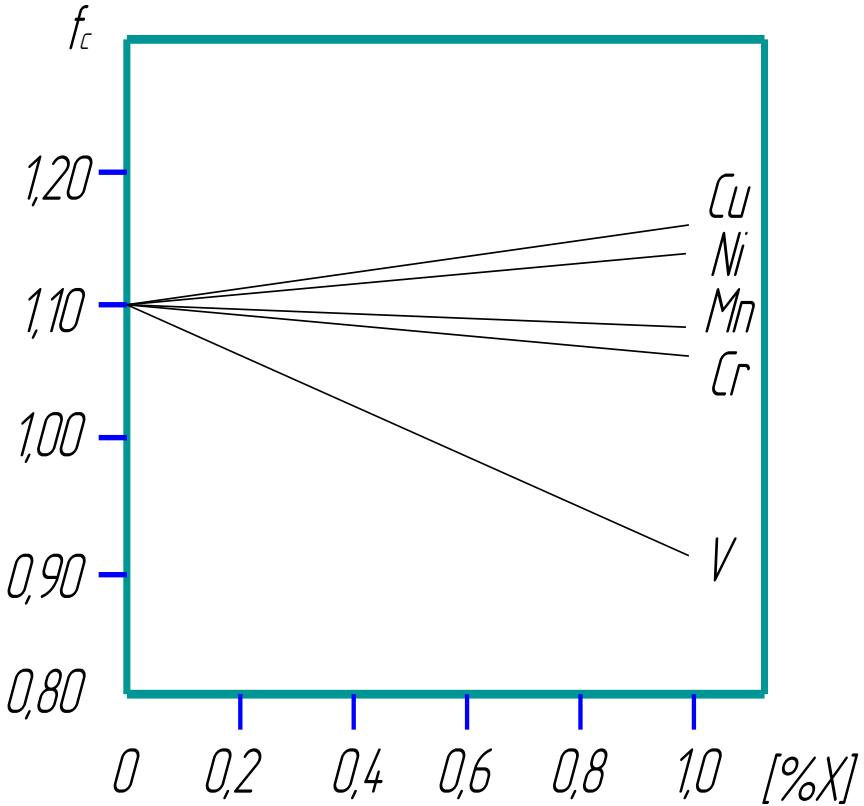


Рисунок 6.1 – Вплив легуючих елементів на коефіцієнт активності вуглецю в розплавленому залізі при 1600 ($[C] = 0,3\%$)

Тепер знайдемо активність вуглецю у цих розплавах. Для 1%-го стандартного стану маємо:

$$a_{C(1\%)} = f_c [\%C] \quad (6.20)$$

Тоді:

$$a_C = 1,10 \cdot 0,3 = 0,33;$$

$$a_C^V = 0,92 \cdot 0,3 = 0,276;$$

$$a_C^{Mn} = 1,07 \cdot 0,3 = 0,321;$$

$$a_C^{Cr} = 1,04 \cdot 0,3 = 0,312;$$

$$a_C^{Ni} = 1,13 \cdot 0,3 = 0,339$$

$$a_C^{Cu} = 1,14 \cdot 0,3 = 0,342;$$

Таким чином, нікель і мідь сприяють прискоренню процесу зневуглицювання, а ванадій, хром та марганець цей процес уповільнюють.

5 Висновки.

Висновок повинен містити: стислі висновки за результатами виконаної роботи, оцінку техніко-економічної ефективності і пропозиції по використанню даної роботи.

До захисту курсової роботи розрахунково-пояснювальна записка повинна бути подана в зброшурованому виді і мати титульний аркуш, завдання і реферат згідно додатків А, Б, В, Г.

6.5 Теми курсових робіт

Кожний студент виконує індивідуальне завдання типу прикладу 6.1 за варіантом, номер якого відповідає нумерації прізвища студента в журналі групи (таблиця 6.4).

Таблиця 6.4 – Завдання для визначення активності вуглецю, кисню та сірки у розплаві заліза при температурі 1600°C та додаванні в розплав по 1% п'яти легуючих елементів

Ва-ріант	Розчи-нений елемент, %	Легуючі елементи	Ва-ріант	Розчи-нений елемент, %	Легуючі елементи
1	0,005 кисню	Al, B, C, Co, Cr	16	0,008 кисню	Ni, P, S, V, Ti
2	0,012 сірки	V, P, Si, Zr, Ti	17	0,017 сірки	Cu, Mn, Mo, W, Nb
3	0,15 вуглецю	Nb, Sn, P, S, Si	18	0,35 вуглецю	Nb, Sn, P, S, Si
4	0,008 кисню	Cu, Mn, Mo, W, Nb	19	0,012 кисню	Cu, Mn, Mo, W, Nb
5	0,017 сірки	Al, B, C, Co, Cr	20	0,022 сірки	V, P, Si, Zr, Ti
6	0,25 вуглецю	Nb, Sn, P, S, Si	21	0,15 вуглецю	Al, Nb, B, Co, Si
7	0,012 кисню	Ni, P, S, V, Ti	22	0,017 кисню	Cu, Mn, Mo, W, Nb
8	0,022 сірки	Cu, Mn, Mo, W, Nb	23	0,027 сірки	Al, B, C, Co, Cr
9	0,35 вуглецю	Al, B, Co, Mo, W	24	0,25 вуглецю	W, Si, Mo, B, Co
10	0,017 кисню	Ni, P, S, V, Ti	25	0,005 кисню	Ni, P, S, V, Ti
11	0,027 сірки	V, P, Si, Zr, Ti	26	0,012 сірки	Cu, Mn, Mo, W, Nb
12	0,15 вуглецю	Al, B, Co, Mo, W	27	0,35 вуглецю	B, Al, Co, Si, P
13	0,005 кисню	Cu, Mn, Mo, W, Nb	28	0,008 кисню	Al, B, C, Co, Cr
14	0,012 сірки	Al, B, C, Co, Cr	29	0,017 сірки	V, P, Si, Zr, Ti
15	0,25 вуглецю	Nb, Sn, P, S, Si	30	0,012 кисню	Al, B, C, Co, Cr

6.6 Порядок захисту курсової роботи

До захисту курсової роботи студент допускається після остаточного оформлення креслення, розрахунково-пояснювальної записки, обов'язкової перевірки на наявність плагіату та отримання візи керівника проекту «До захисту».

При підготовці до захисту студент зобов'язаний повторити лекційний матеріал та відповідні розділи підручників, учбових посібників та додатково розглянути літературу, використану при описанні та розрахунку курсової роботи.

Курсова робота захищається на відкритому засіданні комісії кафедри. До складу комісії входять два-три викладача кафедри, у тому числі керівник роботи.

При захисті курсової роботи студент зобов'язаний зробити стислу і достатньо чітку доповідь на 8-10 хвилин та зазначити:

- тему і зміст курсової роботи;
- технічні рішення, виконанні в роботі;
- використання досягнень науки і виробничого досвіду;
- економічну доцільність прийнятих у роботі рішень;
- методику розрахунку параметрів.

Члени комісії мають право задавати питання по змісту як курсової роботи і розрахунково-пояснювальної записки, так і лекційного матеріалу, що відповідають підручникам і посібникам, які мають відношення до роботи.

6.7 Оцінка курсової роботи

Курсова робота оцінюється на відкритому засіданні комісії.

При оцінці курсової роботи приймається до уваги: планомірність роботи студента по виконанню окремих етапів курсової роботи у встановлені навчальними графіками терміни; глибина технологічних і конструкторських розробок; обсяг самостійної роботи студента; використання в курсовій роботі досягнень науки і передового виробничого досвіду; відповідність графічної частини роботи вимогам ЄСКД; повноту і вірність розрахунків; застосування обчислювальної техніки і спеціальних методів розрахунку; зміст і чіткість доповіді по темі на захисті роботи; повноту відповідей на питання членів комісії.

Критерії оцінювання курсової роботи

Пояснювальна записка	Графічна частина	Захист роботи	Сума балів
50	10	40	100

Оголошення результатів захисту курсової роботи проводиться на відкритому засіданні комісії.

7 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

7.1 Основна література

1. Основи металургії: виробництво чавуну: підручник. О.М. Смірнов, А.Ю. Семенко, Ю.П. Скоробагатько, М.С. Горюк. Одеса : Олді+, 2023. 192 с.
2. Меджибожський М.Я., Харлашин П.С. Основи термодинаміки і кінетики сталеплавильних процесів. К.: Вища школа, 1993. 327 с.
3. Теорія металургійних процесів: Підручник / В.Б. Охотський, О.Л. Костьолов, В.К. Симонов та ін. К.: ІЗМН, 1997. 512 с.
4. Фізико-хімічні основи металургії: Навч. посібник / О.П. Коваленко В.В. Сидоренко. Харків: «ХНУ» ім. В.Н. Каразіна, 2019. 376 с.
5. Дзюбенко, О. В. Основи металургії сталі. Київ: Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України, 2019. 300 с.
6. Сидоренко О.В. Основи металургії та металознавства. Харків: Видавництво «ХНУ» ім. В.Н. Каразіна», 2018. 350 с.
7. Матеріали та технології металургії: Навч. посібник / Під ред. І.В. Іваненка. Київ: НТУУ «КПІ», 2018. 432 с.
8. Кривий, С. В. Теоретичні основи процесів рафінування сталі. Київ: НТУУ «КПІ», 2017. 432 с.
9. Горбань Л.М. Теорія металургійних процесів. Київ: Києво-Могилянська академія, 2012. 250.
10. Конспект лекцій з дисципліни "Фізична хімія металургійних систем та процесів"/Укл.: Р.С. Біляков. Запоріжжя: ЗДТУ, 1996. 320 с.

7.2 Додаткова література

11. Большаков В.І. Технологія високоефективної енергозберігаючої доменної плавки. Київ: Наук. думка, 2007. 412 с.
12. Конспект лекцій з дисципліни «Теоретичні основи процесів (за фахом)». Розділ 1 «Теоретичні основи металургійних процесів» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 136 «Металургія» освітньо-професійної програми «Металургія чорних металів» /Укл.: Крячко Г.Ю. Кам'янське, ДДТУ, 2019, 68 с.
13. Фізико-хімічні та металургійні основи виробництва металів. Чернега Д.Ф., Богушевський В.С., Готвянський Ю.Я. та ін. К.: ІЗМН, 1996. 392с.

14. Безкоксова металургія заліза. Чернега Д.Ф., Богушевський В.С., Готвянський Ю.Я. та ін. Дніпропетровськ: РВА "Дніпро - ВАЛ", 2002. 338с.

15. Автоматичні системи керування процесами спеціальної електрометалургії. Чернега Д.Ф., Богушевський В.С., Готвянський Ю.Я. та ін. К.: Техніка, 2002. 211с.

16. Конвертерне виробництво сталі (теорія, технологія, якість сталі, конструкція агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія). Чернега Д.Ф., Богушевський В.С., Готвянський Ю.Я. та ін. Дніпропетровськ: РВА "Дніпро - ВАЛ", 2004. 454с.

17. Основи металургійного виробництва металів і сплавів. Чернега Д.Ф., Богушевський В.С., Готвянський Ю.Я. та ін. К.: Вища школа, 2006. 503 с.

18. Сафіна-Валуєва Л.О. Конспект лекцій з дисципліни «Теоретичні основи металургійних процесів» для студентів напряму «Металургія». Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2014. 118с.

19. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. Чинний від 2017.07.01. К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 26 с.

20. Методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття першого (бакалаврського) ступеня вищої освіти для студентів спеціальності 136 Металургія, освітня програма «Ливарне виробництво чорних та кольорових металів і сплавів» / Укл.: В.Г. Іванов, В.М. Сажнев. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. 36 с.

21. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Теорія металургійних процесів» для студентів спеціальності 136 «Металургія» усіх форм навчання / Укладачі: В.В. Кудін, Є.М. Парахневич, С.О. Шустов. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. 70 с.

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машини і технологія ливарного виробництва
 (найменування кафедри)

**КУРСОВИЙ ПРОЄКТ
 (РОБОТА)**

з “Теорія металургійних процесів”
 (назва дисципліни)

на тему: Розрахунок коефіцієнтів активності вуглецю
в складному розплаві

Студента (ки) II курсу ІФ-514 групи
спеціальності 136 «Металургія»
 освітня програма Ливарне виробництво
чорних та кольорових металів і сплавів
Петров П.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник доцент кафедри МІТЛВ,
доцент, канд. техн. наук Кудін В.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Кількість балів: _____

Члени комісії

Кудін В.В.

(прізвище та ініціали)

Воденніков С.А.

(прізвище та ініціали)

Парахневич Є.М.

(прізвище та ініціали)

2024 рік

Додаток Б

Національний університет «Запорізька політехніка»

Кафедра Машини і технологія ливарного виробництваДисципліна Теорія металургійних процесівСпеціальність 136 “Металургія”Курс II Група ІФ - 514 Семестр 4

ЗАВДАННЯ

на курсовий проєкт (роботу) студентів

Петрову Петру Петровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи): Розрахунок коефіцієнтів активності вуглецю в складному розплаві2. Термін здачі студентом закінченого проєкту (роботи): 15.06.2025 р.3. Вихідні дані до проєкту (роботи): Розплав залізо-вуглець містить 0,3% вуглецю. Визначити коефіцієнт активності “ f_c ” при 1600°C і розрахувати значення “ f_c ” при додаванні в цей розплав по 1% таких легуючих елементів: ванадій, нікель, марганець, мідь, хром. Розрахувати активність вуглецю в цих розплавах.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):

1 Термодинаміка розчинності вуглецю в розплавах на основі заліза.2 Вплив вуглецю на властивості сплавів на основі заліза.3 Вплив вуглецю на структуру сплавів на основі заліза.4 Термодинаміка поведінки вуглецю в умовах окислювального періоду сталеплавильного процесу.5 Взаємодія вуглецю з легуючими елементами.6 Розрахункова частина.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Аркуш 1. Вплив легуючих елементів на коефіцієнт активності вуглецю в розплавленому залізі при 1600°C ($[C] = 0,3\%$). (А 4)6. Дата видачі завдання: 17.02.2025 р.

Додаток В

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів курсового проєкту (роботи)	Термін виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
	Пояснювальна записка		
1	Термодинаміка розчинності вуглецю в розплавах на основі заліза	25.02.2025 р.	15 %
2	Вплив вуглецю на властивості сплавів на основі заліза	11.03.2025 р.	15 %
3	Вплив вуглецю на структуру сплавів на основі заліза	01.04.2025 р.	15 %
4	Термодинаміка поведінки вуглецю в умовах окислювального періоду сталеплавильного процесу	22.04.2025 р.	15 %
5	Взаємодія вуглецю з легуючими елементами	13.05.2025 р.	15 %
6	Розрахункова частина	27.05.2025 р.	10 %
7	Оформлення пояснювальної записки	03.06.2025 р.	5 %
	Графічна частина		Відсотки від часу, на виконання роботи
8	Аркуш 1. Вплив легуючих елементів на коефіцієнт активності вуглецю в розплавленому залізі при 1600°C	03.06.2025 р.	
9	Захист курсової роботи	15.06.2025 р.	5 %

Студент _____
(підпис)

Керівник _____
(підпис)

Кудін В.В.
(прізвище, ім'я, по батькові)

“ 17 ” лютого 2025 р.
(дата)

Додаток Г**РЕФЕРАТ**

Пояснювальна записка: 35 сторінок, 4 рисунки, 2 таблиці, 6 використаних джерел.

Об'єкт дослідження – складний металевий розплав.

Мета роботи – розрахувати коефіцієнти активності вуглецю в складному розплаві.

У пояснювальній записці наведена теоретична частина, в якій описуються термодинаміка розчинності вуглецю в розплавах на основі заліза, вплив вуглецю на структуру і властивості сплавів на основі заліза, термодинаміка поведінки вуглецю в умовах окислювального періоду сталеплавильного процесу, взаємодія вуглецю з легуючими елементами. Виконаний розрахунок коефіцієнтів активності вуглецю в складному розплаві, коли у рідкому залізі знаходиться по 1% таких легуючих елементів: ванадій, нікель, марганець, мідь, хром. Розрахована активність вуглецю в цих розплавах.

Графічна частина курсової роботи складається з одного аркуша формату А 4 на якому наведений вплив легуючих елементів на коефіцієнт активності вуглецю в розплавленому залізі при 1600°C ($[C] = 0,3\%$).

Ключові слова: ТЕРМОДИНАМІКА, РОЗПЛАВ, ВУГЛЕЦЬ, ОКИСЛЕННЯ, АКТИВНІСТЬ, ЛЕГУЮЧИЙ ЕЛЕМЕНТ.