МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних завдань та семінарських занять з дисципліни «Моделі сталеплавильних систем» для аспірантів спеціальності 136 – Металургія

Друкується за Планом видань навчальної та методичної літератури,
затвердженим Вченою радою НМетАУ
Протокол № 1 від 22.01.2021

Дніпро НМетАУ 2021

УДК 669.18
Методичні вказівки до виконання практичних завдань та семінарських занять з дисципліни «Моделі сталеплавильних систем» для здобувачів третього освітнього рівня, ступеню вищої освіти доктор філософії, що навчаються за ОНП «Металургія», спеціальність 136 – Металургія / Укл.: О.М. Стоянов, Є.В. Синегін, В.О. Рубан – Дніпро: НМетАУ, 2021. – 8 с.

Викладено методичні вказівки з дисципліни «Моделі сталеплавильних систем», наведено рекомендації до самостійної роботи аспірантів при вивченні дисципліни, перелік питань для закріплення знань аспірантів та методичні вказівки для виконання практичних завдань.

Призначена для здобувачів третього освітнього рівня, ступеню вищої освіти доктор філософії, що навчаються за ОНП «Металургія», спеціальність 136 – Металургія.

Укладачі: О.М. Стоянов, канд. техн. наук, доцент
Є.В. Синегін, канд. техн. наук, доцент
В.О. Рубан, аспірант

Відповідальний за випуск К.Г. Нізяєв, д-р техн. наук, проф.

Рецензент М.В. Ягольник, канд. техн. наук, доц. (НМетАУ)

Підписано до друку 19.03.2021. Формат 60×84 1/16. Папір друк. Друк плоский. Облік.-вид. арк. 0,47. Умов. друк. арк 0,46. Замовлення № 83.

Національна металургійна академія України
49005, м. Дніпро, пр. Гагаріна, 4

Редакційно-видавничий відділ НМетАУ

Підготовка практичних та семінарських завдань

Семінарські завдання №1-3

Семінарські завдання розробляються за тематикою дисертаційної роботи, згідно напрямків наведених у табл. 1. Тематика семінарських завдань погоджується з керівником дисертаційної роботи.

Відповідно до обраної теми необхідно самостійно знайти літературне джерело у якому наведені відомості з цієї теми у вигляді аналізу статей у журналах. Для того, щоб отримати оцінку «задовільно», треба знайти не менш п’яти статей, «добре» – десять-п’ятнадцять, «відмінно» – більше двадцяти статей з теми семінарського завдання.

Семінарське завдання з конспектом статей з наведенням основних тез наукового пошуку, малюнків, що ілюструють ці тези, висновки автора (авторів), У випадку, коли розглядається декілька статей за напрямком, необхідно після наведення відомостей про кожну окремо порівняти їх. Особливо цінується думка автора відносно наведеного і критичний аналіз.

Семінарське завдання викладається на папері і містить наступні розділи:

- титульний лист з назвою завдання, прізвищем, ім'ям та по батькові автора, шифром групи;
- перший розділ, який називається «Результати дослідження питання», містить конспекти статей, що використані;
- другий розділ «Аналіз результатів», що містить порівняльний аналіз автора реферату, його думки відносно наведеного і розрахунки відповідно до завдань. Вдала думка може підвищити оцінку проти тієї, що визначається кількістю наведених статей;
- третій розділ «Література», у якому під номерами 1, 2, 3 наведені відомості про статті, що реферовані, у вигляді: прізвища та ініціали перших трьох авторів, назва статті, назва журналу, де надрукована стаття, рік видання, номер журналу, сторінки, на яких надрукована стаття.

Рекомендується здійснювати пошук статті наступним чином. У монографіях, що наведені у списку літератури та інших, продивитись відповідний розділ і знайти посилання на статті, у яких викладено питання, а потім проробити ці статті.

Таблиця 1

ТЕМИ семінарських завдань

№ з/п	Назва теми
1 .	Моделі властивостей фаз сталеплавильних систем
2.	Гідродинамічні моделі
3.	Моделі тепло- і масопереносу

Практичне завдання №1

«Газо- і гідродинаміка, тепло- і масо переніс», «Барботажна система»

Розрахунки здійснюються з використанням виразів, що наведені в конспекті лекцій і методичних вказівках з виконання практичних робіт по дисципліні «Моделі сталеплавильних систем».

У ковші з рідкою сталлю масою, $M_м$ здійснюється продувка аргоном для перемішування й усереднення металу за хімічним складом. Газ може бути введений до ванни металу зверху або знизу. Для охолодження сталі до ванни занурюється сталева заготовка з поперечним розміром a×b, яка витримується певний час, потрібний для оплавлення необхідної маси заготовки. Під час випуску сталі певної марки до ковшу здійснюється її легування вуглецем та іншими елементами, що потребує вибору одного з них отримання рівномірності концентрації якого у ванні досягаються найважче. Вибір часу продувки повинен враховувати час необхідний для розплавлення потрібної маси металу заготовки і досягнення рівномірного складу і треба вибрати доцільний.

Задані витрати аргону дозволяють розрахувати з виразу $D_б = K_D \cdot q^{2/5} \cdot g^{-1/5}$ розмір газових бульб, що утворюються, а також розміри зони барботажу $\frac{D_h}{D_б} = 1 + \left(\frac{\pi \cdot C_D}{8}\right) \cdot \left(\frac{h}{D_б} - \frac{1}{2}\right)$

Якщо аргон уведено до ванни згори через занурену фурму, то глибина занурення H, звичайно обирається на 0,2-0,5 м менше ніж глибина ванни. Використовуючи масу металу $M_м$, – що наведена у завданні, розрахувати

діаметр $D_к$ і глибину $H_к$ ванни, приймаючи $Д_к = H_к$, і визначити місце, яке займатиме на поверхні ванни зона барботажу діаметру D_h й величину h.

Якщо аргон вводиться до ванни знизу, то треба визначити місце установки дуттєвого пристрою і положення зони барботажу на поверхні ванни, а також величину h, для цього випадку.

З допомогою виразу

$$I_M = \left(\frac{\pi^2 \cdot C_D^2}{32} \right)^{2/3} \cdot n_C \cdot q \cdot \left(\frac{h^3 \cdot g}{i_l^2} \right)^{1/3}$$

можна розрахувати витрати металу через барботажну зону, з виразу

$$\tau_c = V_m / I_m$$

де

$$V_m = \frac{\pi \cdot D_B^2}{4} \cdot H_B$$

тривалість одного циклу перемішування.

У завданні наведена марка сталі, яка виплавляється. Необхідно, використовуючи довідники, визначити її склад, а потім обрати шляхом аналізу останнього той з елементів, для якого величина відносної нерівномірності концентрації елементу I, що виражена у відносних процентах, є найменшою. Це дозволить розрахувати з виразу $\tau_{\text{m}} = \tau_{\text{c}} \cdot ln\left(100/\text{i}\right)$ необхідний час продувки аргону, застосовуючи продувку зверху або знизу.

У завданні наведено величину Δt, яка є необхідним, ступенем охолодження рідкої сталі за допомогою сталевої заготовки. Необхідно визначити кількість тепла ΔH, яка відповідає цьому охолодженню, застосовуючі відповідні вирази з теплотехніки.

Звичайно сталеву заготовку для охолодження розміщують у барботажній зоні, досягаючи тим самим максимальну швидкость розплавлення останньої. Процес теплопереносу може бути розраховано наступним чином.

Рівняння теплопереносу

$Nu = 0{,}00562 \times Re \times Pr^{1/3}$, $(Re \leq 10^4)$

$Nu = 0{,}0261 \times Re^{5/6} \times Pr^{1/3}$, $(Re \geq 10^4)$

де $Nu = \alpha * l / \lambda$; – критерій Нуссельта ($\alpha$ – коефіцієнт теплопереносу; l – характерний розмір сталевої заготовки; λ – коефіцієнт теплопровідності рідкого металу).

$Re = V_m \times l / \eta$; – критерій Рейнольдса (V_m – швидкість руху металу у зоні барботажу; η – коефіцієнт кінематичної в'язкості рідкого металу).

$Pr = a_м / \eta$; – критерій Прандтля ($a_м$ – коефіцієнт температуропровідності рідкої сталі)

Застосувавши наведені рівняння розрахувати коефіцієнт теплопереносу і використати останній для розрахунку питомої інтенсивності теплопереносу від металу до сталевої заготовки. Для цього треба визначити температуру плавлення сталевої заготовки, приймаючи її хімічний склад таким, як і сталі у ковші.

Обираючи глибину занурення заготовки до ванни й враховуючи поперечний розмір, можна розрахувати площу поверхні контакту заготовки з рідкою сталлю F і відповідно інтенсивність теплопереносу.

Використовуючи величину витрат тепла ΔH та інтенсивність теплопереносу q можна розрахувати час τ_{ox}, протягом якого необхідно здійснювати охолодження сталевої ванни.

Усі теплофізичні властивості сталі, які необхідні при розрахунках, автор повинен знайти самостійно.

У кінці роботи необхідно порівняти тривалість продувки при різних методах підводу аргону до металу (зверху і знизу), а також для досягнення необхідної рівномірності хімічного складу сталі і її охолодження та обрати необхідний. Завдання до практичної роботи міститься у табл. 2.

Таблиця 2

Вихідні дані до практичної роботи №1

№ з/п	$M_м$, т	Розмір заготовки a×b, мм	Марка сталі	Δt, °С	I, $м^3$/год	t сталі, °С
I.	50	30 × 100	1КП	3	10	1600
2.	60	90 × 110	2КП	4	12	1590
3.	70	90 × 120	3КП	5	14	1580
4.	80	90 × 130	4НП	6	16	1570
5.	90	100 × 110	1ПС	7	18	1600
6.	100	100 × 120	2ПС	8	20	1590
7.	110	100 × 130	3ПС	9	22	1580
8.	120	100 × 140	4ПС	10	24	1570
9.	130	100 × 150	5ПС	11	26	1560
10.	140	120 × 140	6ПС	12	28	1550
11	150	120 × 150	1СП	13	30	1600
12.	160	120 × 160	3ПС	14	32	1590
13	170	120 × 170	3СП	15	34	1580
14.	180	140 × 150	4СП	16	36	1570
15.	190	140 × 160	5СП,	15	38	1560
16.	200	140 × 170	6СП	14	40	1550
17.	210	140 × 150	3ГПС	13	42	1580
18.	220	150 × 170	5ГПС	12	44	1560
19.	230	150 × 180	40Х	11	46	1570
20.	240	150 × 190	40ХН	10	48	1570
21.	250	150 × 200	45ХБ	9	50	1560
22.	260	150 × 210	09Г2	8	52	1590
23.	270	160 × 180	09Г2С	7	54	1590
24.	280	160 × 190	14Г2	6	56	1580
25.	290	160 × 200	19Г2	5	58	1570
26.	300	160 × 210	50Г2	4	60	1560
27.	310	160 × 220	У9	3	62	1550
28.	320	180 × 250	08Ю	4	64	1550
29.	330	I80 × 270	10Х	5	66	1550
30.	340	180 × 290	У12	6	68	1540

Рекомендована література

1. Баптизманскнй В.И. Теория кислородно-конвертерного процесса. М.: Металлургия, 1975. – 376 с.
2. Явойский В.И. Теория процессов производства стали. М.: Металлургия, 1967. – 792 с.
3. Есин О.А., Гельд П.В. Физическая химия пирометаллургических процессов. М,: Металлургия, 1966. Часть II. – 703 с
4. Меджибожский М.Я. Основы термодинамики и кинетики сталеплавильных процессов, Киев Вища. школа, 1976. – 280 с.
5. Охотский В.Б. Физико-химическая механика сталеплавильных процессов. М.: Металлургия, 1993. – 151 с.

Зміст

1. Семінарські завдання №1-3..... 3
2. .Практичне завдання №1 4