

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Український державний університет  
науки і технологій**

---

Кафедра «Металургії чавуну і сталі»

*В авторській редакції*

**СПЕЦІАЛЬНІ РОЗДІЛИ  
СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА**

Навчально-методичні рекомендації  
до практичних занять

*Електронне видання*

ДНІПРО  
2024

УДК 669.18(076.5)

С 71

Упорядники:

*С. В. Журавльова, О. М. Стоянов, Є. В. Синегін*

Електронне видання

Схвалено Групою забезпечення якості освітньої програми  
136.1.01 «Технології та обладнання виробництва металів і сплавів»  
Протокол № 4 від 24.05.2024 р.

С 71 Спеціальні розділи сталеплавильного виробництва : навчально-методичні рекомендації до практичних занять / упоряд. С. В. Журавльова, О. М. Стоянов, Є. В. Синегін ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Електрон. вид. – Дніпро : УДУНТ, 2024. – 21 с.

В навчально-методичних рекомендаціях викладено методичні вказівки та індивідуальні завдання до вивчення дисципліни «Спеціальні розділи сталеплавильного виробництва», наведено рекомендації до самостійної роботи студентів при вивченні дисципліни, перелік питань для закріплення знань студентів та методичні вказівки для виконання практичних завдань.

Навчально-методичні рекомендації призначені для опанування освітньої компоненти «Спеціальні розділи сталеплавильного виробництва» за спеціальністю 136 «Металургія» для ОПІ «Технології та обладнання виробництва металів і сплавів» освітнього рівня бакалавр.

© Журавльова С. В. та ін., упорядкування, 2024

© Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2024

## ЗМІСТ

1. МЕТА І ЗАВДАННЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ.....	4
1.1. МЕТА ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ.....	4
1.2. ЗАВДАННЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ.....	4
2. РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ, ТЕМИ ТА ЇХ ЗМІСТ .....	5
2.3. РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ.....	5
2.4. НАЗВИ ТЕМ ТА ЇХ ЗМІСТ .....	6
3. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ .....	7
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА .....	20

# 1. МЕТА І ЗАВДАННЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

## 1.1. Мета вивчення дисципліни

Засвоєння знань та придбання навичок в питаннях структури сталеплавильного виробництва, основ теорії та сучасної технології виробництва сталі.

## 1.2. Завдання вивчення дисципліни

Внаслідок вивчення дисципліни студенти повинні:

### знати:

- історичні етапи розвитку, сучасний стан та структуру сталеплавильного виробництва;
- класифікацію та маркування сталі;
- загальну фізико-хімічну характеристику сталеплавильних процесів та основні реакції у сталеплавильних ваннах;
- шихтові матеріали, які використовуються при виробництві сталі в кисневих конверторах та у подових агрегатах, і вимоги до них;
- улаштування обладнання, яке використовується для виплавки, поза агрегатної обробки та розливки сталі;
- основи сучасної технології виплавки сталі в кисневих конверторах та у подових агрегатах, поза агрегатної обробки та розливки металу;
- шляхи та методи захисту довкілля від дій сталеплавильного виробництва.

### вміти:

- написати та розшифрувати марки сталі;
- написати основні реакції сталеплавильного виробництва;
- оцінити придатність матеріалів для використання при виплавки сталі у кисневих конверторах та у подових агрегатах, розкисленні, позаагрегатної обробки та розливки сталі;
- навести схему основного технологічного обладнання, яке використовується у сталеплавильному виробництві;
- визначить тривалість, послідовність та призначення окремих технологічних параметрів при використанні конкретного технологічного процесу сталеплавильного виробництва;

- навести схему структури та дати оцінку якості сталевих зливків та безперервнолитих заготовок.

## 2. РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ, ТЕМИ ТА ЇХ ЗМІСТ

### 2.3. Робоча програма дисципліни

Розподіл навчальних годин

Види навчальної діяльності	Усього	Семестри			
		1		2	
		1.1	1.2	2.1	2.2
Усього годин за навчальним планом	120	120	-	-	-
у тому числі:					
Аудиторні заняття	32	32	-	-	-
– лекції	16	16	-	-	-
– лабораторні роботи	0	0	-	-	-
– практичні заняття	16	16	-	-	-
– семінарські заняття	0	0	-	-	-
Самостійна робота	88	88	-	-	-
– підготовка до аудиторних занять	36	36	-	-	-
– виконання та захист курсової роботи	-	-	-	-	-
– виконання та захист індивідуальних завдань	-	-	-	-	-
– підготовка та складання екзаменів	-	-	-	-	-
– підготовка до інших контрольних заходів	16	16	-	-	-
– опрацювання розділів, які не викладаються на лекціях	36	36	-	-	-
Форма семестрового контролю		ДЗ			

## 2.4. Назви тем та їх зміст

2.4.1. Вступ: науково-технічний прогрес в сталеплавильному виробництві

Науково-технічний прогрес в сталеплавильному виробництві. Сучасні і майбутні (після реконструкції; нові) сталеплавильні цехи в порівнянні. Значне підвищення якості сталі, ресурсо – та енергозаощадження, екологія, рециркуляція матеріалів та енергії – завдання, що вирішуються технологічними ланками прогресивних підприємств.

2.4.2. Обладнання кисневого конвертора та дуттєвих пристроїв

Особливості конструкції конверторів верхнього, донного та комбінованого дуття. Перспективні дуттєві режими та пристрої. Конструкція донних фурм для подачі інертного газу та кисню. Охолодження фурми, сопел. Умови незливання струменів окислювача і реакційних зон. Фурми з центральним підводом води. Фурми для подання кисню та допалювання CO до CO<sub>2</sub>, вдування порошків струменем кисню, вдування кисню сумісно з паливом.

2.4.3. Технологія конверторної плавки

Порядок технологічних операцій. Термодинаміка та кінетика окислення домішок металошихти. Дуттєвий режим. Ступінчаста продувка. Пульсуюча продувка.

2.4.4. Технологія конверторної плавки з верхньою, донною та комбінованою продувкою ванни

Різновиди і варіанти конверторних процесів, їх особливості та показники.

2.4.5. Матеріальний і тепловий баланси плавки. Якість конверторної сталі

Шихтові матеріали процесу. Технологія, матеріальний і тепловий баланси конверторної плавки. Сортамент та якість конверторної сталі.

2.4.6. Методи підвищення частки скрапу в шихті кисневого конвертора  
Підвищення температури шихтових матеріалів. Допалювання CO до CO<sub>2</sub> в порожнині конвертора. Введення енергоносіїв.

2.4.7. Продувка чавуну з допалюванням CO до CO<sub>2</sub> в порожнині конвертора

Продувка чавуну з допалюванням CO до CO<sub>2</sub> в порожнині конвертора.

#### 2.4.8. Процеси з підігрівом скрапу

Підігрів скрапу перед загрузкою в конвертор. Підігрів скрапу в конверторі перед зливом чавуну (технологія, устаткування).

#### 2.4.9. Застосування твердих енергоносіїв в конверторній плавці

Використання різноманітних видів вугілля, карбідів кальцію та кремнію.

#### 2.4.10. Розкислення сталі

Розкислення та позаагрегатна обробка сталі. Суть та методи розкислення. Феросплави. Легування сталі.

#### 2.4.11. Позапічна обробка сталі

Суть, завдання та методи позаагрегатної обробки сталі (рафінування синтетичними шлаками та твердими шлакоутворюючими сумішами, продувка інертними газами; обробка порошкоподібними реагентами; вакуумування). Комплексна обробка сталі у ковші на установках доводки металу та „ківш-піч”.

#### 2.4.12. Загальна характеристика способів розливання сталі

Розливка сталі. Способи розливки, їх переваги та недоліки.

#### 2.4.13. Обладнання та технологія розливання сталі

Обладнання та технологія розливки сталі в зливки. Суть безперервної розливки сталі, типи та обладнання машин безперервного лиття заготовки (МБЛЗ), технологія розливки. Суть ливарно-прокатних комплексів. Структура, якість сталевих злиwkів та безперервнолитих заготовок.

### **3. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ**

#### **Практична робота №1**

#### ***Розрахунок рівноваги в сталеплавильних процесах***

*Мета роботи:* ознайомитись з методикою визначення розподілу елементів у системі метал-шлак.

#### Теоретична частина

Вивчення рівноваги хімічних реакцій в системах з металами, їх оксидами, сульфідами і іншими з'єднаннями дозволяє отримати не тільки рівноважні дані як межі взаємодії речовин, що досліджуються, але і

визначити по цим даним термодинамічні характеристики реагентів. Останні використовують для розрахунків інших процесів і систем з участю досліджених реагентів, скорочуючи тим самим об'єм робіт по проведенню нових експериментів. Таким чином, дослідження рівноваги металургійних реакцій представляє не тільки теоретичний, але і практичний інтерес.

На основі рівноважних даних для приватних реакцій і більш простих систем можуть бути виявлені термодинамічні умови відновлення оксидів, окислення домішок металів і інших процесів в складних системах з різними фазами.

Критерієм досягнення рівноваги в системах при заданих постійних зовнішніх умовах (температурі і тиску) є постійність складу фази, що досліджується. Однак ця ознака є тільки необхідним, але недостатнім.

Потрібно враховувати можливість виникнення помилкової і метастабільної рівноваги. Частіше всього при низьких температурах хімічні реакції в системі протікають настільки повільно, що склад взаємодіючих фаз практично не змінюється у часі. Внаслідок сильного кінетичного гальмування має місце так звану помилкову рівновагу, усунути яке в багатьох випадках можна підвищенням температури з подальшим поверненням до початкових умов. Виникнення метастабільної рівноваги пов'язане з утворенням метастабільних конденсованих фаз, перехід яких в стабільні загальмований кінетичними чинниками. У цьому випадку також доцільне проведення додаткового циклу зміни умов, сприяючого отриманню стабільної фази.

#### Методика

У тиглі міститься метал і шлак певного хімічного складу. У металі на початку експерименту створюється певна концентрація елемента шляхом додання відповідного матеріалу. Метал і шлак витримується при визначеній температурі певний час ( звичайно близько години), протягом якого елемент частково окислюється, а його оксид переходить до шлаку. З часом система метал-шлак приходить до рівноваги, а склад фаз визначається шляхом відбору проб металу і шлаку. Такі досліди проводять при різних температурах 1300-1700 °С, за якими метал і шлак залишаються розплавленими.

За рівнянням реакції перерозподілу елемента визначається вираз константи рівноваги. За складом шлаку визначається активність компонентів, обчислюється величина константи рівноваги, будується залежність її від температури.

### Розрахункова частина

За допомогою комп'ютерної програми “Розподіл елементів” виконати серію експериментів по встановленню перерозподілу марганцю в системі метал-шлак згідно номеру варіанта (табл.2).

Для цього потрібно на дисплеї ПЕВМ в таблицю “ВМІСТ ЕЛЕМЕНТІВ В ШЛАЦІ” і “ТЕМПЕРАТУРА РОЗПЛАВУ” занести свої значення. Потім виконується команда “ПУСК” і отримуються експериментальні показання вмісту марганцю в металі, після досягнення системи метал-шлак рівноваги. Для проведення наступного досліду необхідно натиснути на кнопку “СБРОС”. Кожен студент згідно свого завдання проводить серію дослідів для конкретного складу шлаку змінюючи температуру в інтервалі від 1300-1700 °С , результати експерименту заносить в табл.1.1.

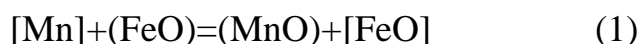
Далі проводиться розрахунок  $\eta$  за виразом 1 і заноситься у табл.1.1

Перерозподіл марганцю у системі метал-шлак

Таблиця 1.1

№	Склад шлаку,%				Рівноважний марганець в металі (%) при температурі				
	CaO	SiO <sub>2</sub>	FeO	MnO	1300	1400	1500	1600	1700

Розрахуйте константу рівноваги для реакції



$$K_{\text{Mn}} = a_{\text{MnO}} / a_{\text{Mn}} * a_{\text{FeO}} \quad (2)$$

і побудуйте графік залежності  $\text{Lg } K_{\text{Mn}}$  від  $1/T$  (рис.1). Активність оксиду заліза і оксиду марганцю знаходять користуючись псевдотройними діаграмами (рис. 2, рис.3).

За виразом

$$\text{Lg } K_{\text{Mn}} = 6440/T - 2,95 \quad (3)$$

розрахуйте  $\text{Lg } K_{\text{Mn}}$  і також нанесіть на рис.1. У звіті викладіть свої думки, щодо причин відхилень результатів експерименту у табл.1.1 від залежності, що отримані у інших дослідженнях.

Звіт з роботи повинен містити:

- схему експериментального обладнання;
- методику виконання роботи;
- таблицю вихідних даних і результатів розрахунків;
- рисунки;
- аналіз результатів.

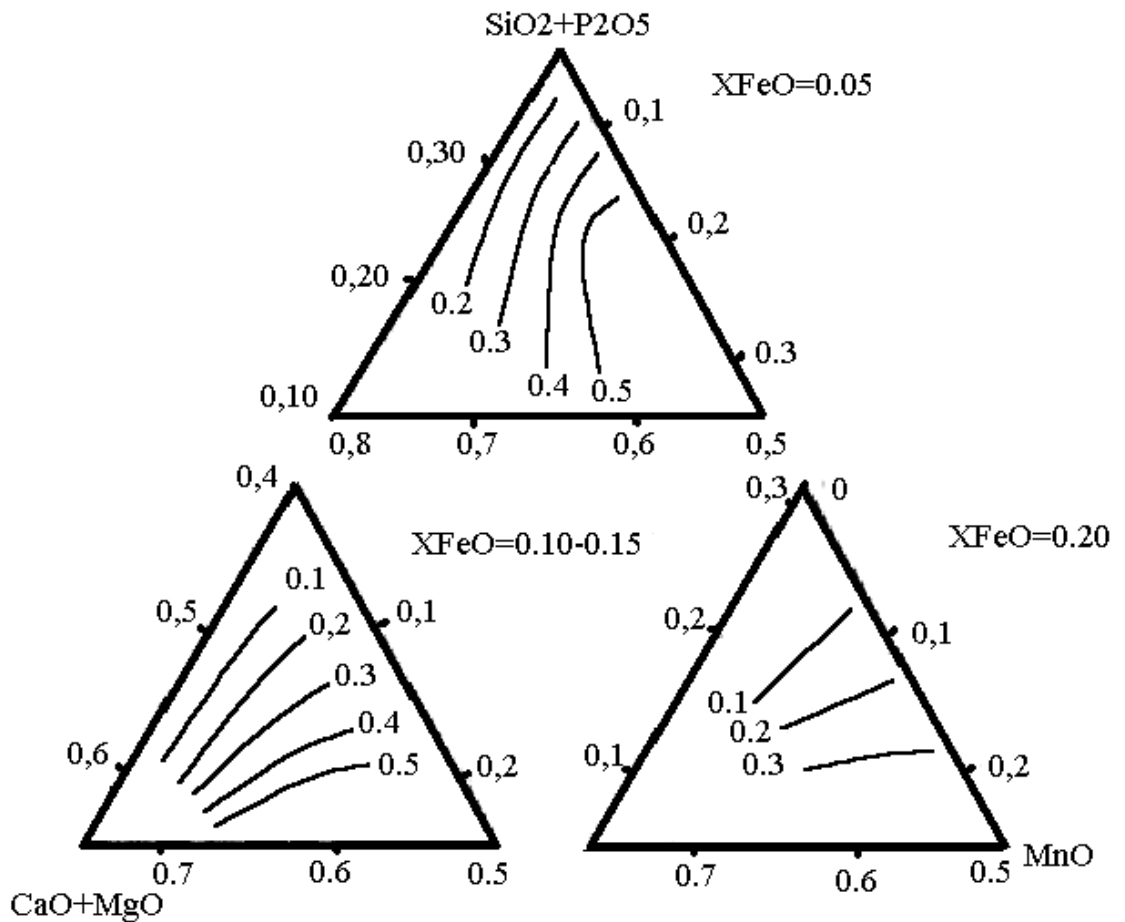


Рис.2. Псевдопотрійна діаграма активності оксиду марганцю

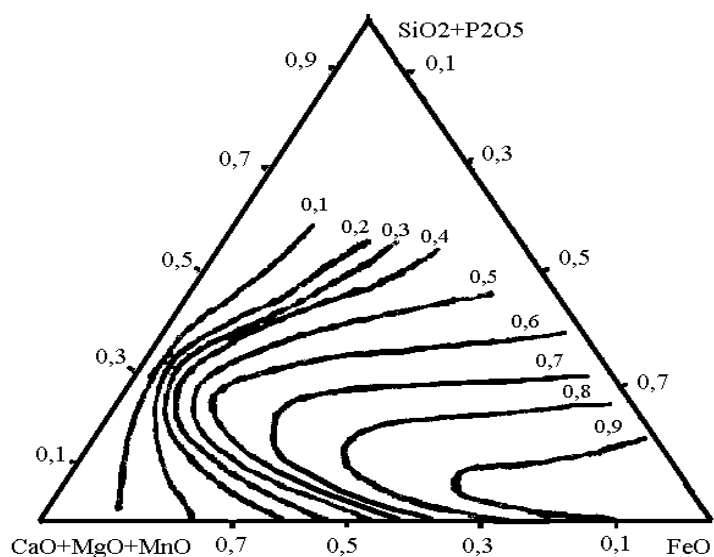


Рис.3. Псевдопотрійна діаграма активності оксиду заліза

Таблиця 1.2

Варіанти завдань

№	СКЛАД ШЛАКУ, %			
	CaO	SiO <sub>2</sub>	FeO	MnO
1	20	30	25	12
2	21	29.5	24	5
3	22	29	23	12
4	23	28.5	22	11
5	24	28	21	11
6	25	27.5	20	6
7	26	27	19	9
8	27	26.5	18	14
9	28	26	17	6
10	29	25.5	16	9
11	30	25	15	6
12	31	24.5	14	10
13	32	24	13	12
14	33	23.5	12	4
15	34	23	11	5
16	35	22.5	10	6
17	36	22	11	9
18	37	21.5	12	14
19	38	21	13	9
20	39	20.5	14	5
21	40	20	15	10
22	41	19.5	16	8
23	42	19	17	12
24	43	18.5	18	6
25	44	18	19	4

## Практична робота №2

### Розрахунок розкислення сталі

*Мета роботи:* навчитись вибирати феросплави для розкислення сталі та розраховувати необхідну їх кількість.

#### Теоретичні положення

Розкислення сталі виконується за найбільш поширеним варіантом – з присадкою усіх феросплавів в ківш під час випуску сталі з конвертера.

Для розкислення сталі використовуються феросплави, хімічний склад яких наведений в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

#### Хімічний склад феросплавів

Розкислювачі	Mn	Si	C	P	S
Феромарганець	Mn <sub>ФМ</sub>	Si <sub>ФМ</sub>	C <sub>ФМ</sub>	P <sub>ФМ</sub>	S <sub>ФМ</sub>
	75-85	1-2	6-7	0,1-0,45	0,02-0,03
Феросиліцій	Mn <sub>ФС</sub>	Si <sub>ФС</sub>	C <sub>ФС</sub>	P <sub>ФС</sub>	S <sub>ФС</sub>
	0,3-0,6	63-68	0-0,1	0,03-0,05	0,02-0,03
Силікомарганець	Mn <sub>СМ</sub>	Si <sub>СМ</sub>	C <sub>СМ</sub>	P <sub>СМ</sub>	S <sub>СМ</sub>
	60-65	17-20	1-1,7	0,25-0,35	0,02-0,03

Для розрахунку розкислення необхідно вибрати склад матеріалу в межах, наведених в таблиці 2.1.

Розрахунок потрібної кількості розкислювачів (феромарганцю, феросиліцію, силікомарганцю) виконується на середньозаданий вміст Mn і Si в готовій сталі з урахуванням їх угару. В залежності від типу сталі, що виплавляється, (кипляча, спокійна) і вмісту вуглецю в металі перед розкисленням СПОВ угар елементів розкислювачів можна приймати в межах, наведених в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

## Величина угару елементів розкислювачів, %

Тип сталі	Вміст вуглецю в металі Спов, %	Угар елементів, %		
		C	Mn	Si
Кипляча	$\leq 0,10$	$\frac{L_C}{10-25}$	$\frac{L_{Mn}}{25-30}$	$\frac{L_{Si}}{60-70}$
	0,11 – 0,16	$\frac{L_C}{17-22}$	$\frac{L_{Mn}}{20-25}$	$\frac{L_{Si}}{55-60}$
	$\geq 0,17$	$\frac{L_C}{14-18}$	$\frac{L_{Mn}}{15-20}$	$\frac{L_{Si}}{50-55}$
Спокійна	$\leq 0,10$	$\frac{L_C}{17-22}$	$\frac{L_{Mn}}{20-25}$	$\frac{L_{Si}}{25-30}$
	0,11 – 0,16	$\frac{L_C}{15-20}$	$\frac{L_{Mn}}{15-20}$	$\frac{L_{Si}}{20-25}$
	$\geq 0,17$	$\frac{L_C}{12-16}$	$\frac{L_{Mn}}{12-16}$	$\frac{L_{Si}}{15-20}$

## 2.1. Розрахунок необхідної кількості розкислювачів

2.1.1. Для одержання заданого вмісту марганцю в сталі необхідно ввести в неї феромарганець в кількості:

$$M_{\text{ФМ}} = 0,01 \cdot M_{\text{СТ}} \cdot \left( \frac{Mn_{\text{СТ}}^{\text{В}} + Mn_{\text{СТ}}^{\text{Н}}}{2} - Mn_{\text{ПОВ}} \right) \cdot \frac{100}{Mn_{\text{ФМ}}} \cdot \frac{100}{100 - L_{\text{Mn}}}, \text{ кг},$$

(2.1)

2.1.2. Для доведення вмісту кремнію в сталі до заданого необхідно ввести в неї феросиліцій в кількості:

$$M_{\text{ФС}} = 0,01 \cdot M_{\text{СТ}} \cdot \left( \frac{Si_{\text{СТ}}^{\text{В}} + Si_{\text{СТ}}^{\text{Н}}}{2} \right) \cdot \frac{100}{Si_{\text{ФС}}} \cdot \frac{100}{100 - L_{\text{Si}}}, \text{ кг}.$$

(2.2)

## 2.2. Вихід рідкої сталі після розкислення

$$\begin{aligned}
M_{CT.P} = & M_{CT} + 0,01 \cdot M_{\Phi M} \cdot \left( Mn_{\Phi M} \cdot \frac{100 - L_{Mn}}{100} + Si_{\Phi M} \cdot \frac{100 - L_{Si}}{100} + C_{\Phi M} \cdot \frac{100 - L_C}{100} + \right. \\
& \left. + P_{\Phi M} + S_{\Phi M} \right) + 0,01 \cdot M_{\Phi C} \cdot \left( Mn_{\Phi C} \cdot \frac{100 - L_{Mn}}{100} + Si_{\Phi C} \cdot \frac{100 - L_{Si}}{100} + C_{\Phi C} \cdot \frac{100 - L_C}{100} + \right. \\
& \left. + P_{\Phi C} + S_{\Phi C} \right)
\end{aligned}$$

, кг.

(2.3)

2.3. Перевірка хімічного складу розкисленої (готової) сталі  
Перевіряємо вміст в сталі вуглецю:

$$C_{CT.P} = \frac{M_{CT} \cdot C_{ПОВ} + (1 - 0,01 \cdot L_C) \cdot (M_{\Phi M} \cdot C_{\Phi M} + M_{\Phi C} \cdot C_{\Phi C})}{M_{CT.P}}$$

, %,

(2.4)

марганцю:

$$Mn_{CT.P} = \frac{M_{CT} \cdot Mn_{ПОВ} + (1 - 0,01 \cdot L_{Mn}) \cdot (M_{\Phi M} \cdot Mn_{\Phi M} + M_{\Phi C} \cdot Mn_{\Phi C})}{M_{CT.P}}$$

, %,

(2.4)

кремнію:

$$Si_{CT.P} = \frac{M_{CT} \cdot Si_{ПОВ} + (1 - 0,01 \cdot L_{Si}) \cdot (M_{\Phi M} \cdot Si_{\Phi M} + M_{\Phi C} \cdot Si_{\Phi C})}{M_{CT.P}}$$

, %,

(2.5)

фосфору:

$$P_{CT.P} = \frac{M_{CT} \cdot P_{ПОВ} + M_{\Phi M} \cdot P_{\Phi M} + M_{\Phi C} \cdot P_{\Phi C}}{M_{CT.P}}$$

, %,

(2.6)

сірки:

$$S_{CT.P} = \frac{M_{CT} \cdot S_{ПОВ} + M_{\Phi M} \cdot S_{\Phi M} + M_{\Phi C} \cdot S_{\Phi C}}{M_{CT.P}}$$

, %,

(2.7)

і порівнюємо одержані величини з заданими (табл. 2.3). Якщо  $C_{CT}^H < C_{CT.P} < C_{CT}^B$ ,  $Mn_{CT}^H < Mn_{CT.P} < Mn_{CT}^B$ ,  $Si_{CT}^H < Si_{CT.P} < Si_{CT}^B$ ,  $P_{CT.P} < P_{CT}^B$ ,  $S_{CT.P} < S_{CT}^B$ , то розрахунки в розділах 2.1 і 2.3 виконані вірно.

## Вихідні данні до розрахунку

№	Склад сталі перед розкисленням, %					Склад готової сталі, %				
	C	Si	Mn	P	S	C	Si	Mn	P не більше	S не більше
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	0,12	0	0,1	0,017	0,025	0,38 – 0,46	0,20 – 0,30	0,58 – 0,78	0,04	0,04
2.	0,11	0	0,145	0,016	0,026	0,08 – 0,16	0,07	0,33 – 0,53	0,05	0,04
3.	0,12	0	0,165	0,017	0,0345	0,15 – 0,23	0,19 – 0,29	0,44 – 0,64	0,04	0,05
4.	0,10	0	0,148	0,018	0,035	0,13 – 0,21	0,18 – 0,28	0,40 – 0,60	0,05	0,05
5.	0,25	0	0,168	0,015	0,0345	0,30 – 0,38	0,18 – 0,28	0,48 – 0,68	0,045	0,04
6.	0,14	0	0,163	0,020	0,025	0,14 – 0,22	0,16 – 0,26	0,36 – 0,56	0,05	0,04
7.	0,12	0	0,148	0,020	0,0240	0,08 – 0,16	0,07	0,30 – 0,50	0,05	0,04
8.	0,235	0	0,155	0,019	0,025	0,20 – 0,28	0,14 – 0,24	0,46 – 0,66	0,04	0,04
9.	0,129	0	0,163	0,018	0,035	0,10 – 0,18	0,18 – 0,28	0,40 – 0,60	0,05	0,05
10.	0,05	0	0,152	0,018	0,036	0,12 – 0,19	0,17 – 0,27	0,37 – 0,67	0,05	0,05
11.	0,210	0	0,123	0,012	0,025	0,25 – 0,33	0,20 – 0,30	0,60 – 0,80	0,04	0,04
12.	0,10	0	0,119	0,018	0,036	0,08 – 0,16	0,09	0,35 – 0,55	0,04	0,05
13.	0,123	0	0,142	0,020	0,024	0,10 – 0,18	0,15 – 0,25	0,40 – 0,60	0,05	0,05
14.	0,25	0	0,168	0,015	0,0345	0,30 – 0,38	0,18 – 0,28	0,48 – 0,68	0,045	0,04
15.	0,14	0	0,163	0,020	0,025	0,14 – 0,22	0,16 – 0,26	0,36 – 0,56	0,05	0,04
16.	0,12	0	0,148	0,020	0,0240	0,08 – 0,16	0,09	0,30 – 0,50	0,05	0,04
17.	0,235	0	0,155	0,019	0,025	0,20 – 0,28	0,14 – 0,24	0,46 – 0,66	0,04	0,04
18.	0,129	0	0,163	0,018	0,035	0,10 – 0,18	0,18 – 0,28	0,40 – 0,60	0,05	0,05
18.	0,05	0	0,152	0,018	0,036	0,12 – 0,19	0,17 – 0,27	0,37 – 0,67	0,05	0,05
20.	0,210	0	0,123	0,012	0,025	0,25 – 0,33	0,20 – 0,30	0,60 – 0,80	0,04	0,04
21.	0,25	0	0,168	0,015	0,0345	0,30 – 0,38	0,18 – 0,28	0,48 – 0,68	0,045	0,04
22.	0,14	0	0,163	0,020	0,025	0,14 – 0,22	0,16 – 0,26	0,36 – 0,56	0,05	0,04
23.	0,12	0	0,148	0,020	0,0240	0,08 – 0,16	0,07	0,30 – 0,50	0,05	0,04
24.	0,235	0	0,155	0,019	0,025	0,20 – 0,28	0,14 – 0,24	0,46 – 0,66	0,04	0,04
25.	0,129	0	0,163	0,018	0,035	0,10 – 0,18	0,18 – 0,28	0,40 – 0,60	0,05	0,05

**Практична робота №3*****Паспорт розливки сталі на МБЛЗ***

*Мета роботи:* Ознайомлення студентів з паспортом розливки плавки сталі на МБЛЗ. На базі паспортних даних навчити студентів аналізувати технологічні параметри розливки, розраховувати технологічні та техніко-економічні показники окремих етапів розливки та плавки у цілому.

## 1. Загальні положення та порядок виконання роботи

Паспорт розливки плавки на МБЛЗ є документом, який відображає відповідність технологічних параметрів розливки плавки тим, що запропоновані технологічною інструкцією та іншою нормативно-технічною документацією. Паспорт заповнює контролер відділу технічного контролю (ВТК) дільниці сталеплавильного цеху.

Паспорта зберігаються тривалий період часу, на протязі якого можлива експлуатація продукції з розливої сталі, щоб у випадку непередбаченого виходу продукції з ладу, можливо було б встановити його причини.

Формат паспорта формується у відповідності з технології на кожному підприємстві окремо на протязі значного часу, поки не прийдуть до висновку, що він вміщує усі необхідні дані. Змінення у технології розливки і поява відповідно нових для контролю параметрів, викликає змінення у форматі паспорта.

У паспорт вносяться найбільш важливі зведення з технології розливки металу (додаток 1). У випадку відхилення від положень технологічної інструкції контролер ВТК повинен фіксувати їх та робити відповідні зауваження у паспорті розливки сталі. Ці зауваження можуть вплинути на маркування розливої плавки сталі та слугувати для контролю технологічної дисципліни.

Дані, які вміщує паспорт, можуть бути використані для вивчення та аналізу стану технології розливки металу, технологічних та техніко-економічних показників процесу.

## Паспорт розливки сталі на МБЛЗ

Майстер розливки Іванов І.І.Ст. розлищик Сидоров О.П.Оператор МБЛЗ Крутигора П.І.Конт-р ВТК Васильова Е.Н.

Номер плавки	Марка сталі	Дата		Зміна	Бригада	Номер МБЛЗ	№ плав в серії	Тип з/см	Тип мастила
		число	місяць						
425633	3 ПС	03	04.09	1	3	1	5		
425634	3 ПС	03	04.09	1	3	1	6		

Стальківш № 18					Н наливу = 4,1 м					Промківш №		Н нал. = 0,7	
Стій - кість	Діам. стакан а	стан		темп . стал и	Час					Стій - кість	Діам. стакан а	Стан	
		пере д розл.	после розл.		зам. темп .	уст на стен д	відкр . шиб.	закр. шиб.	приб зі стенд у			пере д розл.	післ я розл .
25	60	чист	наріс т шлак у	1550		18.12	18.17	119.24	19.36	16	40	чист	чист
12	60	чист	чист	1560								чист	чист

№ струмка	Кристалізатори					Час розливки		Відліто		Заміна погруз стаканів
	Номер	Стійкість		Перетин		начало	кінець	м	т	
		плав	тонн	товщина	ширина					
1	3	23		300	400	18.19	19.30	36,5		
2	15	24		300	400	18.19	19.30	36,25		
3	1	84		300	400	18.19	19.30	28,00		
4	12	35		300	400	18.19	19.30	27,6		
5	13	50		300	400	18.19	19.30	37,5		
6	4	28		300	400	18.19	19.30	45,5		
								210,85	200,5	
Час вимірів	Темп. металу в промковші, °С	Швидкість розливки, м/хв								
		Частота хитання кристалізатора, цикл/хв								
		1	2	3	4	5	6			
18.29	1570	0,50	0,51	0,50	0,51	0,52	0,64			
		59	60	59	60	62	64			
18.39	1550	0,51	0,51	0,48	0,50	0,54	0,65			
		62	62	55	55	62	62			
19.04	1540	0,52	0,51	0,48	0,50	0,52	0,65			
		60	60	59	62	60	62			

Прим.: Відбір маркірувальної проби: струмок №5 – 18.55 – 15,6 м

В 19.14 на 3-4 струменях знизили швидкість розливки до 0,33 м/хв через несправності газорізки

Витрати води на кристалізатор, м <sup>3</sup> /час			Номер струменя					
			1	2	3	4	5	6
			195	200	200	196	198	200
Вторинне охолодження	1 зона	вода	2,2	1,7	1,6	1,6	2,2	1,9
		повітря	119	125	120	119	120	119
	2 зона	вода	2,4	1,7	1,7	1,7	2,2	2,1
		повітря	140	140	152	140	140	138
	3 зона	вода	2,2	1,7	1,7	1,7	2,2	2,1
		повітря	234	236	209	238	238	239
	4 зона	вода	2,3	2,1	1,6	1,6	1,9	1,4
		повітря	247	253	260	260	230	280

	Розмір заготовки			Прийнято годного			Обрізь				Незавершене виробництво			
	Перетин			шт	м	т	гол	хвіст		Всього		шт	м	т
	товщ.	шир.	дл.							м	т			
1	300	400	9	4	36		0,5							
2	300	400	9	4	36		0,25							
3	300	400	9	3	27		1							
4	300	400	9	3	27		0,6							
5	300	400	9	4	36			1,5						
6	300	400	9	5	45		0,5							
		Всього			23	207		2,85	1,5		4,35			

№ стр.	Брак			№ стр.	Брак		
	м	т			м	т	вид браку

Студент повинен ознайомитися з формою та змістом паспорта розливки сталі на МБЛЗ і виконати зазначені розрахунки. Обсяг роботи визначає та уточнює викладач.

Індивідуальні завдання до виконання розрахунків основних параметрів розливки на МБЛЗ наведені в табл.3.1.

## 2. Завдання студентам для самостійної роботи

2.1. Ознайомитися з формою паспорта та засвоїти зведення по технології, які наведені у паспорті.

2.2. Навести у звіті зведення щодо типу МБЛЗ, на якій розливали плавку.

2.3. Розрахуйте швидкість розливання сталі на одному кристалізаторі

$$V_{кр} = K_1 \frac{a + b}{a \cdot b} \quad (1)$$

де  $K_1$  – приведений коефіцієнт твердіння ( $K_1=0,3$ );  $a$  і  $b$  – розміри поперечного перетину зливка, м

2.4. Розрахуйте масові витрати металу на одному струмені МБЛЗ

$$G_m = \varphi \cdot \frac{\pi d_{ст}^2}{4} \cdot \sqrt{2gh_m} \cdot 60 \cdot \rho_m \quad (2)$$

де  $\varphi = 0,9$  - коефіцієнт розходу;  $g$  – прискорення вільного падіння, ( $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ );  $h_m$  – висота металу в промковші, м;  $\rho_m$  - щільність рідкої сталі, ( $\rho_m = 7 \text{ т/м}^3$ )

2.5. Із умови збереження масової витрати металу з головного ковша та промковша розрахуйте по формулі (2) діаметр стакану в головному ковші для умов початку, середини ( $h_m = 1/2 h_k$ ) та наприкінці ( $h_m = 0,2 \text{ м}$ ) розливки. Порівняйте одержаний результат з даними приведеними в індивідуальному завданні. Поясніть причину розбіжності.

2.6. Розрахуйте вихід придатного при розливанні сталі на МБЛЗ серії з 2,3,4 плавок, з урахуванням того, що довжина заготівлі дорівнює заданої.

2.7. Визначити тривалість розливання сталі.

Таблиця 3.1

Індивідуальні завдання до виконання практичної роботи «Паспорт розливки сталі на МБЛЗ»

№ п/п	Поперечний перетин зливка, м		Довжина заготівки, м	Кількість струменів	Маса сталі, т	Висота металу, м		Діаметр стакану, мм	
	a	b				в стальковші	в промковші	в стальковші	в промковші
1	0,1	0,1	6	6	100	3	0,7	80	20
2	0,125	0,125	9	4	150	3,5	1	75	20
3	0,15	0,15	11,8	4	200	4	0,8	80	22
4	0,2	0,2	6	4	250	4,5	0,7	95	25
5	0,25	0,25	9	3	300	5	1	90	30
6	0,3	0,3	11,8	2	100	3	0,8	80	30
7	0,1	0,2	6	6	150	3,5	0,7	100	24
8	0,1	0,3	9	4	200	4	1	115	25
9	0,1	0,4	11,8	4	250	4,5	0,8	105	30
10	0,1	0,5	6	2	300	5	0,7	115	35
11	0,2	0,3	9	2	100	3	1	75	30
12	0,3	0,4	11,8	2	150	3,5	0,8	90	35
13	0,2	0,4	6	2	200	4	0,7	82	34
14	0,2	0,5	9	2	250	4,5	1	88	34
15	0,1	0,6	11,8	2	300	5	0,8	90	35
16	0,1	0,1	11,8	4	100	3	0,7	66	20
17	0,125	0,125	9	6	150	3,5	1	73	20
18	0,15	0,15	6	6	200	4	0,8	100	23
19	0,2	0,2	11,8	5	250	4,5	0,7	115	28
20	0,25	0,25	9	4	300	5	1	75	28
21	0,3	0,3	6	2	100	3	0,8	82	33
22	0,1	0,2	11,8	4	150	3,5	0,7	82	24
23	0,1	0,3	9	4	200	4	1	95	25
24	0,1	0,4	6	4	250	4,5	0,8	75	30

25	0,1	0,5	11,8	2	300	5	0,7	115	34
26	0,2	0,3	9	2	100	3	1	75	28
27	0,3	0,4	6	2	150	3,5	0,8	88	35
28	0,2	0,4	11,8	2	200	4	0,7	82	34
29	0,2	0,5	9	2	250	4,5	1	85	34
30	0,1	0,6	6	4	300	5	0,8	85	36

### РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Величко О. Г., Бойченко Б. М., Харлашин П. С. Металургія сталі. Конвертерне виробництво. Дніпропетровськ : РВА «Дніпро-ВАЛ», 2015. 434с.
2. Баптизманский В. І., Охотский В. Б. Фізико-хімічні основи киснево конвертерного процесу. Київ-Донецьк : Вища школа, 1981. 184 с.
3. Дюдкін Д. А., Бать С. Ю., Грінберг С. Р. Виробництво сталі в агрегаті ківш-піч. Донецьк : ООО "Юго-Восток", 2003. 300 с.

Навчально-методичне видання

**Журавльова** Світлана Валеріївна,  
**Стоянов** Олександр Миколайович,  
**Синегін** Євген Володимирович

**СПЕЦІАЛЬНІ РОЗДІЛИ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО  
ВИРОБНИЦТВА**

Навчально-методичні рекомендації до практичних занять

Електронне видання

Експертний висновок склав канд. техн. наук, доц. Максим Бойко  
Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 769 від 31.10.2024)

В авторській редакції  
Комп'ютерна верстка С. В. Журавльова

Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Ум. друк. арк. 1,22. Обл.-вид. арк. 0,56.  
Зам. № 90

Видавець: Український державний університет науки і технологій  
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, м. Дніпро, 49010.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:  
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010