

Р 1569876

В.П. Лялюк

ТЕОРІЯ І ТЕХНОЛОГІЯ ДОМЕННОЇ ПЛАВКИ



В навчальному посібнику викладені сучасні уявлення з питань теорії та технології доменної плавки. Наведені результати дослідно-промислових випробувань інноваційних технологічних рішень та їх освоєння на доменних печах великого об'єму комбінату "Криворіжсталь" та ПАО "АрселорМіттал Кривий Ріг". Виконано аналіз процесів, параметрів і показників плавки та сучасних досягнень доменного виробництва. В основу посібника покладені матеріали теоретичних розробок та практичних досліджень, викладених у наукових публікаціях і монографіях, виконаних як самостійно так і в співавторстві. Розглянуті перспективи технологій доменної плавки.

Навчальний посібник призначений для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 136 "Металургія", а також може бути корисним магістрам і аспірантам, здобувачам наукового ступеню за спеціальністю: 05.16.02 "Металургія чорних і кольорових металів та спеціальних сплавів".

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДОМЕННОЇ ПЛАВКИ.....	11
1.1. Фізична сутність плавки.....	11
1.2. Паливо доменної плавки.....	14
1.3. Енергетичні витрати при виплавці чавуну.....	15
1.4. Коефіцієнт корисної дії вуглецю коксу в процесах нагрівання.....	17
1.5. Коефіцієнт корисної дії вуглецю коксу в процесах відновлення.....	19
1.6. Коефіцієнт корисної дії енергії проштовхування.....	22
1.7. Нормативна оцінка показників доменної плавки.....	26
2. ОСНОВИ ГАЗО – І ГІДРОДИНАМІКИ – БАЗА ДЛЯ АНАЛІЗУ ТЕПЛО- І МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ ДОМЕННОЇ ПЛАВКИ.....	30
2.1. Основні параметри рідини і закони її руху в технічній гідромеханіці.....	30
2.2. Закони руху “рідини” в розділі фізики “Механіка рідин і газів”.....	38
2.3. Основи молекулярно-кінетичної теорії газів.....	39
3. ГОРІННЯ ПАЛИВА У ФУРМ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ.....	43
3.1. Значення і механізм реакцій горіння.....	43
3.2. Розвиток уявлень про процеси горіння палива.....	47
3.3. Циркуляційний режим горіння.....	48
3.4. Вплив різних факторів на розміри зон горіння.....	50
3.5. Математичний опис механічних процесів у фурм.....	52
3.6. Повна енергія потоку повітряного дуття.....	55
3.7. Повна енергія потоку комбінованого дуття.....	57
3.8. Повна енергія потоку горнового газу.....	61
3.9. Вплив повних енергій на розміри зон горіння та глибину проникнення газового потоку до центру горна.....	62
3.10. Повна енергія потоку горнового газу при вдуванні пиловугільного палива.....	65
3.11. Приклади роботи доменних печей на неоптимальних повних енергіях потоків комбінованого дуття і горнового газу.....	68
4. ЗАВАНТАЖЕННЯ І РУХ ШИХТОВИХ МАТЕРІАЛІВ.....	71
4.1. Загальні положення.....	71
4.1.1. Значення операції завантаження.....	71
4.1.2. Основні визначення.....	71
4.2. Сегрегація матеріалів при завантаженні.....	73
4.3. Методи управління розподілом матеріалів по радіусу колошника доменної печі.....	74
4.4. Характеристика сипучого середовища.....	77
4.5. Управління розподілом матеріалів по колу печі.....	86
4.5.1. Робота обертового розподільника шихти.....	87
4.5.2. Закономірності формування профілю засипу за допомогою обертового розподільника шихти.....	88
4.6. Технологія роботи доменних печей без обертового розподільника шихти.....	94

4.7. Робота доменної печі на засипному апараті з пелюстковим розподільником шихти.....	98
4.8. Управління круговим розподілом матеріалів при завантаженні обертовим лотком.....	100
4.9. Порівняльна характеристика ефективності роботи розподільників шихти різних типів.....	102
4.10. Управління розподілом матеріалів в радіальному напрямку.....	106
4.11. Вплив маси залізорудної подачі на техніко-економічні показники доменної плавки при використанні засипного апарату ПРШ.....	113
4.12. Рух шихтових матеріалів.....	124
4.12.1. Причини і особливості руху шихти.....	124
4.12.2. Активна вага і вертикальний тиск в стовпі матеріалів.....	125
4.12.3. Рух і оновлення коксу в горні печі.....	127
5. ТЕПЛО- І МАСООБМІН У ДОМЕННІЙ ПЛАВЦІ.....	129
5.1. Теплообмін в доменній плавці.....	129
5.1.1. Загальні положення.....	129
5.1.2. Зміна температури по висоті печі.....	130
5.1.3. Особливості теплопередачі у верхньому ступені теплообміну і в резервній зоні.....	131
5.1.4. Особливості теплопередачі в нижньому ступені теплообміну....	132
5.1.5. Зміни водяних чисел газу і шихти по висоті печі.....	133
5.2. Відновлення оксидів заліза.....	134
5.2.1. Загальні положення.....	134
5.2.2. Відновлення оксидів заліза газами.....	135
5.2.3. Пряме відновлення оксидів заліза.....	140
5.2.4. Показники відновлювальної роботи.....	141
5.2.5. Зіставлення прямого і непрямого відновлення.....	141
5.2.6. Діаграма взаємозв'язку $C - r_d$ та її уточнення.....	144
5.2.7. Про оптимальне значення r_d	150
5.2.8. Технологічна роль ступеня прямого відновлення.....	152
5.2.9. Скорочення потреби у вуглеці процесів відновлення.....	154
5.2.10. Скорочення потреби у вуглеці процесів теплоспоживання.....	157
5.2.11. Уточнення особливостей впливу умов плавки на ступінь прямого відновлення заліза.....	159
5.3. Відновлення марганцю, кремнію, фосфору та інших елементів.....	163
6. ГАЗОДИНАМІКА ДОМЕННОЇ ПЛАВКИ.....	167
6.1. Метод Лагранжа.....	167
6.2. Метод Ейлера.....	168
6.3. Методика визначення траєкторії потоку дуття, який виходить з фурми доменної печі.....	169
6.4. Перепад тиску при русі газу в доменній печі.....	179
6.5. Аналіз факторів, що визначають перепад тиску газу.....	180
6.6. Динамічні характеристики потоку дуття-газу на ділянці від повітрорудової машини до дросельної групи.....	184
6.7. Енергетичний шлях дослідження газового потоку в доменній печі..	190

6.8. Дисипація енергії прошовування газового потоку в доменній печі.....	192
6.9. Визначення частки загального перепаду статичного тиску газу в печі, що витрачається на подолання гідравлічного опору в шарі шихти...	193
6.10. Уточнення впливу параметрів термодинаміки на тиск газу в доменній печі.....	195
6.11. Робота доменних печей з різним загальним перепадом тиску газу	203
6.12. Тиск в робочому об'ємі доменної печі.....	208
6.13. Витрата дуття і значення підвищеного тиску на сучасних доменних печах.....	215
6.14. Енергія прошовування дуття-газу.....	221
7. ПРОЦЕСИ ВИДАЛЕННЯ ВОЛОГИ, РОЗПАДУ, ПЛАВЛЕННЯ ТА ОТРИМАННЯ ЧАВУНУ І ШЛАКУ.....	226
7.1. Видалення вологи.....	226
7.2. Розпад карбонатів.....	226
7.3. Види і склад чавуну, що виплавляють у доменній печі.....	228
7.4. Отримання чавуну.....	229
7.5. Утворення шлаку.....	229
7.6. Склад і властивості доменних шлаків.....	230
7.7. Будова рідких шлаків.....	233
7.8. Десульфурація чавуну в доменній печі.....	233
7.9. Десульфурація чавуну поза доменною піччю.....	234
8. ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ТА МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДОМЕННОЇ ПЛАВКИ.....	235
8.1. Основні показники доменної плавки.....	235
8.2. Загальна характеристика методів енергозбереження.....	237
8.3. Нагрівання дуття.....	238
8.4. Якість коксу.....	243
8.5. Якість залізрудних матеріалів.....	265
8.6. Вдування природного газу у фурми доменної печі.....	271
8.7. Піловугільне паливо.....	289
8.8. Технологія доменної плавки з використанням кускового антрациту	298
8.9. Витрата дуття.....	324
8.10. Збагачення дуття киснем.....	327
8.11. Зволоження дуття.....	332
8.12. Робота доменних печей з різним діаметром фурм.....	342
8.12.1. Досвід роботи доменних печей заводів СРСР.....	342
8.12.2. Досвід роботи доменних печей на фурмах різного діаметру на комбінаті "Криворіжсталі".....	345
8.12.3. Доменна плавка на фурмах різного діаметру при завантаженні в піч високоякісного агломерату.....	355
8.12.4. Робота доменних печей при чередуванні фурм різного діаметру	360
8.12.5. Робота доменних печей при циклічній зміні діаметра повітряних фурм.....	366

8.13. Контроль радіальної і окружної нерівномірності процесів перед кожною фурмою в горні доменної печі	373
8.14. Досвід роботи доменних печей на фурмах різних діаметрів та кількості встановлених на печі фурм.....	381
8.15. Управління розмірами зон горіння і глибиною проникнення газів до центру горна.....	390
9. УПРАВЛІННЯ РОБОЧИХ ОБ'ЄМОМ ГОРНА ДОМЕННОЇ ПЕЧІ.....	395
9.1. Ознаки захаращення горна доменної печі.....	395
9.2. Математичне моделювання витікання продуктів плавки.....	398
9.3. Метод контролю захаращення горна за характером витікання рідких продуктів плавки.....	403
9.4. Балансовий метод контролю захаращення горна.....	405
9.5. Методи промивання горна доменної печі.....	407
9.6. Методи промивки периферії горна доменних печей.....	409
9.7. Методи промивки повного захаращення горна.....	411
9.8. Промивання горна на доменних печах “Криворіжсталі”.....	418
9.9. Причини утворення настилів і методи їх видалення.....	424
9.10. Випробування методів зняття настилів з нижніх горизонтів шахти та заплічок доменних печей “Криворіжсталі”.....	426
10. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ РЕЖИМІВ ПЛАВКИ І РОБОТА ДОМЕННОЇ ПЕЧІ В ПЕРСПЕКТИВНИХ УМОВАХ.....	431
10.1. Неоднорідність процесів і вибір режимів плавки.....	431
10.2. Промислові дослідження неоднорідності процесів плавки.....	434
10.3. Організація роботи горна доменної печі у перспективних умовах доменної плавки.....	440
10.4. Перспективи підвищення температури дуття понад 1200 °С.....	457
10.5. Перспективи використання в доменній плавці металізованих окатишів.....	471
10.6. Перспективи використання у доменній плавці залізорудного матеріалу з кращими властивостями агломерату і окатишів.....	482
10.6.1 Дослідження технології виробництва локальних спеків із одноосновних та різноосновних окатишів.....	486
10.6.2 Дослідження технології отримання локальних спеків із залишковим вуглецем.....	492
10.6.3. Дослідження технології отримання локальних спеків з підвищеним вмістом заліза.....	496
10.6.4. Розробка технології отримання офлюсованих локальних спеків з підвищеним вмістом заліза і залишковим вуглецем.....	498
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	504