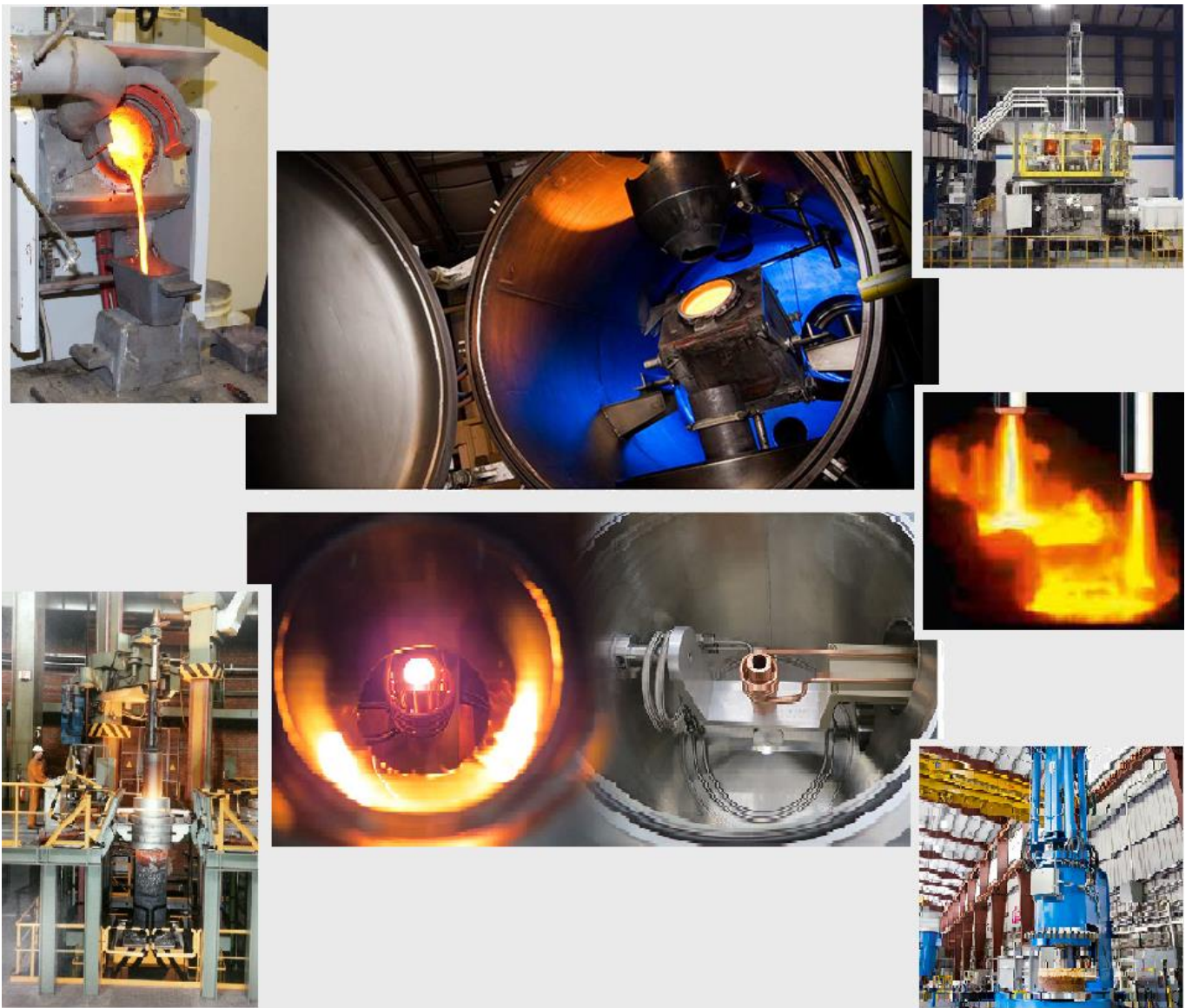


С. П. Пантейков, М. А. Кащев

СПЕЦІАЛЬНА МЕТАЛУРГІЯ СТАЛЕЙ І СПЛАВІВ



Том 2

ПРОЦЕСИ СПЕЦІАЛЬНОЇ МЕТАЛУРГІЇ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпровський державний технічний університет
(ДДТУ)

С. П. Пантейков, М. А. Кащєєв

Спеціальна металургія
сталей і сплавів
Том 2
Процеси спеціальної металургії

Навчальний посібник

Кам'янське
«ДДТУ»
2022

УДК 669.187.5:669.017(075.8)

П16

Рецензенти:

- О. І. Пономаренко** – професор кафедри «Ливарне виробництво» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» МОН України, академік АН ВШ України, віце-президент Асоціації ливарників України, доктор технічних наук, професор;
- С. Г. Савельєв** – завідувач кафедри металургії чорних металів і ливарного виробництва Криворізького національного університету МОН України, доктор технічних наук, професор;
- А. Г. Чернятевич** – головний співробітник відділу фізико-хімічних проблем металургії сталі Інституту чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України (м. Дніпро), академік АІН України, відмінник освіти України, доктор технічних наук, професор.

Рекомендовано до друку вченою радою

Дніпровського державного технічного університету (протокол № 1 від 24.01.2022 р.)

Пантейков С. П.

П16 Спеціальна металургія сталей і сплавів. Т.2. Процеси спеціальної металургії : навчальний посібник / С. П. Пантейков, М. А. Кашеев. – Кам'янське : ДДТУ, 2022. – 273 с.

ISBN 978-966-175-226-8

У другому томі «Процеси спеціальної металургії» навчального посібника «Спеціальна металургія сталей і сплавів» досить широко та в доступній формі розглянуті теоретичні основи спеціальної металургії, переплавні процеси для отримання спеціальних сталей і сплавів: вакуумна індукційна плавка, вакуумно-дуговий, вакуумно-дуговий гарнісажний, електрошлаковий, електронно-променевий і плазмово-дуговий переплави, виконаний порівняльний аналіз їх техніко-економічних показників.

Мета другого тому посібника: надання здобувачам вищої освіти теоретичної і методичної допомоги щодо отримання та поглиблення знань в області спеціалізованих методів отримання високоякісних сталей і сплавів, що дістали назву «переплавні процеси» або «вторинні рафінуючі процеси», формування у здобувачів навичок і вміння, які необхідні для самостійного вивчення літератури.

Для здобувачів вищої освіти спеціальності 136 «Металургія» та інших.

УДК 669.187.5:669.017(075.8)

ISBN 978-966-175-226-8

© С. П. Пантейков, М. А. Кашеев, 2022
© ДДТУ, 2022

З М І С Т

	стор.
ВСТУП	7
Тема 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОЦЕСІВ СПЕЦІАЛЬНОЇ МЕТАЛУРГІЇ	10
1.1. Випаровування основних компонентів сплаву та легких домішок при плавці у вакуумі.....	10
1.2. Термодинаміка випаровування металів.....	10
1.3. Тиск парів металів над сплавами.....	15
1.4. Швидкість випаровування металів у вакуумі.....	17
1.5. Видалення розчинених газів (водню та азоту) у вакуумі	20
1.6. Видалення неметалевих включень при рафінуючих переплавах у вакуумі.....	23
1.7. Спливання включень і перехід границі «метал–газова фаза».....	24
1.8. Термічна дисоціація неметалевих включень.....	27
1.9. Взаємодія оксидів з вуглецем, що розчинений в рідкій сталі.....	28
<i>Питання для самоконтролю</i>	29
Тема 2. ВАКУУМНА ІНДУКЦІЙНА ПЛАВКА	31
2.1. Загальні відомості.....	31
2.2. Основи технології плавки.....	35
2.2.1. Шихтові матеріали.....	35
2.2.2. Устаткування для проведення плавки.....	40
2.2.3. Забруднення розплаву і втрати металу при плавці.....	43
2.2.4. Основні технологічні операції та фізико–хімічні процеси при плавленні.....	49
2.3. Традиційна вакуумна індукційна плавка.....	67
2.3.1. Основні процеси при вакуумній індукційній плавці.....	67

2.3.2. Типи традиційних камерних індукційних печей.....	69
2.4. Сучасна промислова індукційна плавка.....	73
2.4.1. Вакуумні індукційні печі для дегазації та лиття (VIDP–печі).....	74
2.5. Вакуумна індукційна плавка в «холодному» тиглі.....	79
2.5.1. Переваги застосування «холодного» мідного тиглю.....	80
2.6. Вакуумна індукційна плавка у виробництві порошків швидкозагартованих сплавів.....	82
2.6.1. Метод індукційного плавлення електрода та газового розпилення розплаву (VIGA–процес).....	83
2.7. Вакуумна індукційна «безкерамічна» плавка у виробництві порошків швидкозагартованих сплавів.....	85
2.7.1. Метод безтигельного оплавлення електрода та газового розпилення розплаву (EIGA–процес).....	86
2.7.2. Методи безкерамічного оплавлення електрода (процеси PIGA, ESR–CIG, VIGA–CC).....	87
2.8. Значення вакуумної індукційної плавки.....	91
<i>Питання для самоконтролю.....</i>	<i>94</i>
Тема 3. ВАКУУМНО–ДУГОВИЙ ПЕРЕПЛАВ.....	97
3.1. Загальні відомості.....	97
3.2. Принцип дії та будова установок вакуумно–дугового переплаву.....	101
3.3. Особливості електричного дугового розряду у вакуумі...	106
3.4. Характеристики установок ВДП.....	107
3.5. Системи електроживлення та вакуумування установок ВДП.....	109
3.6. Технологія процесу ВДП.....	110
3.7. Процес кристалізації металу та формування зливка.....	116
3.8. Якість і сортамент металу ВДП.....	122
<i>Питання для самоконтролю.....</i>	<i>124</i>

Тема 4. ВАКУУМНИЙ ДУГОВИЙ ГАРНІСАЖНИЙ ПЕРЕПЛАВ	125
4.1. Загальні відомості.....	125
4.2. Конструкція гарнісажної печі.....	126
4.3. Технологія виплавки титанових сплавів в гарнісажній печі.....	131
4.4. Підготовка шихтових матеріалів.....	135
4.5. Приготування пресованого блоку електрода.....	139
4.6. Переплав титанових сплавів у гарнісажних печах.....	140
<i>Питання для самоконтролю</i>	146
Тема 5. ЕЛЕКТРОШЛАКОВИЙ ПЕРЕПЛАВ	147
5.1. Загальні відомості.....	147
5.2. Флюси для електрошлакового переплаву.....	157
5.3. Основні фізико–хімічні процеси при ЕШП.....	164
5.3.1. Окислення шлаку та передача кисню через шлак до рідкого металу.....	165
5.3.2. Поведінка деяких легуючих елементів сталі у процесі ЕШП.....	167
5.3.3. Видалення сірки з металу при ЕШП.....	167
5.3.4. Вплив ЕШП на вміст газів.....	173
5.3.5. Поведінка неметалевих включень при ЕШП.....	176
5.4. Технологія електрошлакового переплаву.....	178
5.5. Технологія виробництва сталі методом ЕШП.....	191
5.6. Технологія виробництва феротитану методом ЕШП.....	196
5.6.1. Шихтові матеріали.....	197
5.6.2. Виробництво феротитану.....	199
5.6.3. Переваги та недоліки електрошлакового способу виробництва феротитану.....	204
<i>Питання для самоконтролю</i>	205

Тема 6. ЕЛЕКТРОННО–ПРОМЕНЕВИЙ ПЕРЕПЛАВ....	207
6.1. Загальні відомості.....	207
6.2. Нагрівання і плавлення металу електронним променем..	209
6.3. Будова електронних плавильних установок.....	213
6.3.1. Установки ЕПП з кільцевим катодом.....	214
6.3.2. Установки ЕПП з радіальними гарматами.....	215
6.3.3. Установки ЕПП з аксіальними гарматами.....	217
6.3.4. Установки ЕПП з плоскопроменевими гарматами	220
6.4. Типи конструкцій установок ЕПП.....	222
6.5. Технологічні особливості ЕПП.....	224
6.6. Металургійні особливості ЕПП.....	229
6.7. Сортамент металів, сталей і сплавів, що піддаються ЕПП.....	230
<i>Питання для самоконтролю.....</i>	<i>233</i>
Тема 7. ПЛАЗМОВО–ДУГОВИЙ ПЕРЕПЛАВ.....	235
7.1. Загальні відомості.....	235
7.2. Подові печі періодичної дії.....	239
7.3. Печі з кристалізатором напівбезперервної дії.....	242
<i>Питання для самоконтролю.....</i>	<i>250</i>
Тема 8. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПЕРЕПЛАВНИХ ПРОЦЕСІВ.....	251
8.1. Порівняння техніко–економічних показників всіх переплавних процесів.....	251
8.2. Порівняння техніко–економічних показників рафінуючих переплавів.....	260
8.2.1. Техніко–економічні показники ЕШП і ВДП.....	261
8.2.2. Техніко–економічні показники ЕПП і ПДП.....	262
ВИСНОВКИ.....	263
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	265

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Пантейков Сергій Петрович

Кащєєв Михайло Анатолійович

**Спеціальна металургія
сталей і сплавів**

Том 2

Процеси спеціальної металургії

Навчальний посібник

Підписано до друку 19.05.2022. Формат 60×84 1/16
Папір друк. Друк — різнограф. Ум.-друк. арк. 15,87
Тираж — 300. Зам. № 13/22

Видавець і виготовлювач
Дніпровський державний технічний університет
51918, м. Кам'янське, вул. Дніпробудівська, 2

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців серія ДК № 5399
від 26.07.2017 р.