

**И.Г. Кучер, В.И. Ольшанский,
И.Ю. Филиппов, И.И. Кучер**

СПРАВОЧНИК ФЕРРОСПЛАВЩИКА

**Львов
«Новий Світ-2000»
2020**

УДК 669.15-198(03)
ББК 34.226 я2
С 74

Распространение и тиражирование без официального разрешения издательства запрещено.

Рецензент: А.Г. Гриншпунт – доктор тех. наук, профессор кафедры электрометаллургии НМетАУ

Авторы:

Иван Гурьевич Кучер, кандидат технических наук, доктор философии;

Владимир Ильич Ольшанский, инженер;

Игорь Юрьевич Филиппов, кандидат технических наук;

Игорь Иванович Кучер, инженер

Под редакцией: доктора технических наук В.С. Куцина; доктора технических наук, профессора НМетАУ А.Н. Овчарука

И.Г. Кучер **Справочник ферросплавщика** / И.Г. Кучер, В.И. Ольшанский, И.И. Филиппов, И.И. Кучер / – Львов, «Новий Світ – 2000», 2020. – 288 стр.

В справочнике изложены:

- основные понятия и законы физики, химии, физической химии;
- приведены краткие сведения о производстве ферросплавов;
- рассмотрены возможные отклонения от нормального хода технологических процессов получения ферросплавов, указаны причины их возникновения и способы их устранения;
- описано механическое и электрическое оборудование ферросплавных печей;
- общие и специальные справочные данные.

Справочник предназначен для работников ферросплавных заводов, а также может быть полезен для учащихся средних и высших металлургических учебных заведений.

ISBN 978-966-418-261-1

© И.Г. Кучер, В.И. Ольшанский,
И.Ю. Филиппов, И.И. Кучер, 2020
© «Новий Світ - 2000», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	8
------------------	---

Раздел 1. Общие сведения

1.1. Физика.....	10
1.2. Химия.....	20
1.3. Физическая химия и теория металлургических процессов.....	28

Раздел 2. Классификация ферросплавных процессов

2.1. Классификация металлов – ферросплав- ных элементов.....	34
2.2. Общие требования к качеству ферросплавов.....	40
2.3. Классификация ферросплавных процессов по виду применяемых восстановителей.....	41
2.4. Классификация ферросплавных процессов по технологическим принципам.....	46

Раздел 3. Ферросплавные печи

3.1. Классификация и назначение ферросплав- ных электропечей.....	49
3.2. Основные узлы ферросплавных печей.....	56
3.2.1. Ванна рудовосстановительной печи.....	56
3.2.2. Кожух.....	56
3.2.3. Футеровка.....	58
3.2.4. Свод.....	62
3.2.5. Электроконтактный узел.....	69
3.2.6. Система охлаждения.....	71
3.2.7. Система газоочистки.....	73

Раздел 4. Сплавы кремния

4.1. Свойства кремния.....	76
4.2. Сортамент кристаллического кремния и качество исходных шихтовых материалов.....	76
4.3. Технология выплавки кристаллического кремния.....	85

4.4. Сортамент, микроструктура и свойства ферросилиция	88
4.5. Технология выплавки и разливки ферросилиция	93

Раздел 5. Сплавы марганца

5.1. Свойства марганца	109
5.2. Минералы, руды и концентраты марганца	110
5.3. Технология выплавки высокоуглеродистого ферромарганца	111
5.4. Технология выплавки ферросиликомарганца ...	120
5.5. Технология выплавки металлического марганца, низко и среднеуглеродистого ферромарганца	126

Раздел 6. Сплавы хрома

6.1. Свойства хрома. Минералы и руды хрома	138
6.2. Технология получения высокоуглеродистого феррохрома	141
6.3. Технология получения ферросиликохрома	147
6.4. Технология получения низкоуглеродистого феррохрома	150
6.5. Кислородно-конверторный и силикотермический способы получения среднеуглеродистого феррохрома	161

Раздел 7. Титан

7.1. Свойства титана.. Минералы, руды и концентраты титана	167
7.2. Технология получения ферротитана алюмотермическим способом	168

Раздел 8. Ферровольфрам

8.1. Свойство вольфрама. Минералы, руды и концентраты вольфрама	178
-----------------------------------------------------------------------	-----

8.2. Технология получения ферровольфрама углеродо-силикотермическим способом.....	181
8.3. Технология производства ферровольфрама алюмотермическим способом.....	186

Раздел 9. Ферромолибден

9.1. Свойство молибдена. Минералы , руды и концентраты молибдена	188
9.2. Технология получения ферромолибдена внепечным силикоалюмотермическим способом....	190

Раздел 10. Феррованадий

10.1. Свойства ванадия. Минералы руды и концентраты ванадия	197
10.2. Технология получения феррованадия силикоалюминотермическим способом.....	198
10.3. Технология получения феррованадия алюминотермическим способом	203
10.4. Технология получения ферросиликованадия..	204

Раздел 11. Бор

11.1. Свойства бора	206
11.2. Минералы и руды бора	206
11.3. Технология получения ферробора.....	207

Раздел 12. Феррониобий

12.1 Свойства ниобия. Сортамент феррониобия. Сырье и материалы	213
12.2 Технология получения феррониобия алюмотермическим способом.....	215

Раздел 13. Сплавы циркония

13.1. Свойство циркония	221
13.2. Минералы, руды и концентраты циркония.....	221

13.3. Технология получения ферросиликоцир- кония.....	222
13.4. Технология получения ферроалюмоцирко- ния алюмотермическим способом	227

Раздел 14. Ферроникель

14.1. Свойства никеля. Минералы и руды никеля.....	229
14.2. Технология получения и рафинирования ферроникеля	231

Раздел 15. Силикоалюминий

15.1. Свойства алюминия. Минералы и руды алюминия	239
15.2. Технология производства силикоалюминия	240

Раздел 16. Ферросплавы со щелочноземельными и редкоземельными металлами

16.1. Технология ферросиликобария и алюминобария	246
16.2. Электрометаллургия силикостронция	249
16.3. Электрометаллургия ферросиликомагния и магниевого ферросплавов	250
16.4. Электрометаллургия ферросплавов с редкоземельными металлами.....	253

Раздел 17. Экономика производства

17.1. Себестоимость ферросплавов.....	262
17.2. Формулы пересчета базовой цены ферросплавов.....	266

18. Приложения

18.1. Общие справочные данные:	268
18.1.1. Латинский и греческий алфавит	268

18.1.2. Приставки для образования кратных и дольных единиц.....	269
18.1.3. Вычисление площадей	270
18.1.4. Вычисление объёмов	271
18.1.5. Объёмный и насыпной вес некоторых материалов	272
18.1.6. Важнейшие алгебраические формулы	273
18.1.7. Тригонометрические функции важнейших углов	273
18.1.8. Температурные шкалы.....	274
18.1.9. Основные свойства некоторых элементов....	274
18.1.10. Теплоемкость некоторых веществ.....	275
18.1.11. Теплота плавления некоторых веществ	276
18.1.12. Коэффициенты теплопроводности некоторых материалов.....	277
18.1.13. Удельное сопротивление проводников	277
18.1.14. Влияние легирующих элементов на свойства стали	278
18.1.15. Некоторые свойства ферросплавов	279
18.1.16. Содержание газа в ферросплавах	280
18.2. <i>Нарушение нормального хода процесса при выплавке:</i>	
▶ кристаллического кремния.....	281
▶ ферросилиция	282
▶ углеродистого ферромарганца	283
▶ ферросиликомарганца.....	284
▶ феррохрома	285
Перечень использованной и рекомендованной литературы.....	286

50-летию НЗФ посвящается

ПРЕДИСЛОВИЕ

Свое развитие ферросплавное производство в Украине получило с вводом, в 1933 году, в эксплуатацию, Запорожского завода ферросплавов (ЗФЗ), с рудовосстановительными печами (РВП) мощностью 7,8; 10,5 МВА, которые в то время считались наиболее крупными.

Дальнейшее расширение ферросплавного производства уже обусловлено применением ферросплавных печей нескольких поколений, которые отличаются, как по конструктивному исполнению, так и по электрическим характеристикам.

На ферросплавных заводах Украины – Запорожском (ЗФЗ), Стахановском (СЗФ), Никопольском (НЗФ) и Побужском ферроникелевом комбинате (ПНК) работают рудовосстановительные и рафинировочные электропечи трех и шести электродные – открытого, закрытого и герметичного исполнения, с круглой и прямоугольной ваннами, производства бывшего СССР, Японии, Германии, с мощностью трансформаторов от 5 до 81 МВА.

В данном справочнике, не ставя целью охватить весь комплекс вопросов, связанных с производством ферросплавов и не претендуя на исчерпывающую полноту изложения, авторы стремились, в первую очередь, предоставить работникам ферросплавных заводов, такую информацию, которая не только бы содержала специальные материалы

по ферросплавному производству, но и напомнила им основополагающие принципы физики, химии, физической химии и т.д.

Справочник, благодаря своему небольшому формату (карманному), очень удобен при использовании его рекомендаций цеховым персоналом, в любой момент, при возникновении некоторых нестандартных ситуаций в технологических процессах выплавки ферросплавов.

Будем весьма признательны за возможные критические замечания и пожелания, которые предоставят нам пользователи книги, после ознакомления с ней.

Считаем своим долгом выразить благодарность инженерно-техническим работникам ПАО НЗФ и Днепропетровской металлургической Академии (НМетАУ) в систематизации отдельных материалов описательного и технического характера, а также Агееву Е.Я. за компьютерную верстку рукописи.

И особенно, мы признательны генеральному директору ПАО НЗФ доктору технических наук Куцину В.С. и профессору НМетАУ, доктору технических наук Овчаруку А.Н. за их соиздательный труд при редактировании справочника.

Авторы