

В.М. Сойфер

**ВЫПЛАВКА СТАЛИ  
В КИСЛЫХ  
ЭЛЕКТРОПЕЧАХ**



МОСКВА «МАШИНОСТРОЕНИЕ» 2009

УДК 669.187.5  
ББК 31.292-5  
С58

**Сойфер В. М.**

С58 Выплавка стали в кислых электропечах. — М.: Машиностроение, 2009. — 480 с., ил.

ISBN 978-5-217-03450-5

Изложены требования к качеству кислой электростали для отливок, теоретические основы выплавки стали кислым процессом, описаны конструкции и футеровки кислых дуговых и индукционных печей, технология выплавки и разливки стали. Освещены особенности дуговых сталеплавильных печей постоянного тока; сертификации дуговых и индукционных печей; приведены современные стандарты, касающиеся кислой электроплавки стали, результаты последних исследований; описана технология получения продукта прямого восстановления железа в качестве шихты для электросталеплавильных печей, результаты исследований напряженности магнитного поля индукционных печей, прогрессивные технологические процессы выплавки стали и футеровки печей.

Предназначена для инженерно-технических работников машиностроительных и металлургических предприятий, научных работников, может быть полезна студентам вузов.

УДК 669.187.5  
ББК 31.292-5

ISBN 978-5-217-03450-5 © Сойфер В. М., 2009  
© Издательство «Машиностроение», 2009

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, опубликованных в данной книге, допускаются только с разрешения издательства и со ссылкой на источник информации

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

---

Термины и определения . . . . .	5
Предисловие . . . . .	7
<b>Глава 1. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ КИСЛОЙ ЭЛЕКТРОСТАЛИ ДЛЯ ОТЛИВОК . . . . .</b>	<b>10</b>
1.1. Назначение и контроль кислой электростали . . . . .	10
1.2. Химический состав стали . . . . .	32
1.3. Механические свойства, методы испытаний и микроструктура отливок . . . . .	50
1.4. Газы и неметаллические включения . . . . .	66
1.5. Специальные свойства . . . . .	68
<b>Глава 2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ВЫПЛАВКИ КИСЛОЙ СТАЛИ. . . . .</b>	<b>70</b>
2.1. Современные представления о структуре и свойствах жидкой стали . . . . .	70
2.2. Физико-химические свойства и строение кислых шлаков. Жидкотекучесть кислых шлаков . . . . .	71
2.3. Окислительно-восстановительные процессы в кислых электропечах. . . . .	77
2.4. Роль кремния при выплавке стали в кислых электропечах . . . . .	81
2.5. Конечное раскисление электростали. Модифицирование стали . . . . .	89
2.6. Поведение водорода и азота при выплавке кислой электростали . . . . .	97
<b>Глава 3. УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ . . . . .</b>	<b>99</b>
3.1. Конструкция дуговых печей . . . . .	99
3.2. Особенности конструкции дуговых сталеплавильных печей производства ведущих мировых фирм . . . . .	103
<b>Глава 4. ФУТЕРОВКА ДУГОВЫХ ПЕЧЕЙ . . . . .</b>	<b>117</b>
4.1. Требования к огнеупорам для кислых дуговых печей . . . . .	117
4.2. Монолитная футеровка дуговых сталеплавильных печей . . . . .	141
4.3. Зерновая основа огнеупорных масс . . . . .	144
4.4. Связующее огнеупорных масс . . . . .	159
4.5. Технологические свойства огнеупорных масс. . . . .	174
4.6. Огнеупорность масс . . . . .	184
4.7. Рациональные составы огнеупорных масс для различных условий производства . . . . .	196
4.8. Технология футеровки печей . . . . .	208
4.9. Повышение стойкости футеровки . . . . .	217

---

<b>Глава 5. КОНСТРУКЦИЯ И ФУТЕРОВКА ИНДУКЦИОННЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ</b> . . . . .	234
5.1. Конструкция индукционных печей . . . . .	234
5.2. Футеровка индукционных печей . . . . .	258
<b>Глава 6. ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПЛАВКИ КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ В КИСЛЫХ ЭЛЕКТРОПЕЧАХ</b> . . . . .	274
6.1. Требования к шихтовым материалам, загрузка и плавление шихты . . . . .	274
6.2. Продукт прямого восстановления железа – шихта для электросталеплавильных печей . . . . .	309
6.3. Окисление углерода . . . . .	315
6.4. Поведение фосфора и серы в кислой печи . . . . .	317
6.5. Особенности активного и кремнийвосстановительного процессов . . . . .	319
6.6. Раскисление и модифицирование стали . . . . .	321
6.7. Легирование стали . . . . .	323
<b>Глава 7. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ВЫПЛАВКИ СТАЛИ В КИСЛЫХ ЭЛЕКТРОПЕЧАХ И ПОВЫШЕНИЕ ЕЕ КАЧЕСТВА</b> . . . . .	326
7.1. Технология выплавки стали в кислых электропечах с повышенным содержанием кремния в шихте . . . . .	326
7.2. Повышение качества кислой электростали . . . . .	337
7.3. Раскисление стали ферромарганцем в ковше . . . . .	352
7.4. Особенности выплавки стали в индукционных печах . . . . .	358
7.5. Напряженность магнитного поля индукционных печей . . . . .	364
<b>Глава 8. ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ РАЗЛИВКИ КИСЛОЙ ЭЛЕКТРОСТАЛИ</b> . . . . .	372
8.1. Способы разливки . . . . .	372
8.2. Подготовка ковшей к плавке . . . . .	375
8.3. Технология разливки . . . . .	389
8.4. Ресурсосберегающая технология футеровки ковшей . . . . .	391
<b>Глава 9. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ</b> . . . . .	409
<b>Глава 10. ДУГОВЫЕ ПЕЧИ ПОСТОЯННОГО ТОКА</b> . . . . .	420
<b>Глава 11. МИНИ-ЗАВОДЫ ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИИ</b> . . . . .	433
<b>Глава 12. СЕРТИФИКАЦИЯ ДУГОВЫХ И ИНДУКЦИОННЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ</b> . . . . .	443
<b>Список литературы</b> . . . . .	471