

**В.И. Напалков
С.В. Махов
Б.Л. Бобрышев
В.С. Моисеев**

**Физико-химические
процессы рафинирования
алюминия и его сплавов**

«Теплотехник»

**В.И. Напалков, С.В. Махов,
Б.Л. Бобрышев, В.С. Моисеев**

Физико-химические процессы рафинирования алюминия и его сплавов

Под редакцией доктора техн. наук В.И. Напалкова

Учебно-справочное пособие



«Теплотехник»
Москва, 2011

УДК 669.714

H27

H27 Напалков В.И., Махов С.В., Бобрышев Б.Л., Моисеев В.С. Физико-химические процессы рафинирования алюминия и его сплавов / Под ред. В.И. Напалкова. — М.: Теплотехник, 2011. — 496 с.

Рассмотрены физико-химические процессы взаимодействия расплавов алюминия с хлоридными и фторидными солями. Показана связь механизма образования металлургических дефектов с наличием водорода и оксидных включений в расплаве. Большое внимание уделено кинетическим особенностям удаления из расплава водорода и неметаллических включений. Описаны современные методы рафинирования расплавов алюминия, приведены промышленные схемы установок и данные по их эффективности. Составлен краткий атлас металлургических дефектов и описана природа их образования.

Для научных и инженерно-технических работников институтов и предприятий металлургической промышленности, а также для студентов, готовящихся стать дипломированными специалистами по направлению 651300 — «Металлургия» и специальности 110400 — «Литейное производство черных и цветных металлов», а также бакалаврами по направлению 550500 — «Металлургия».

Ил. 201. Табл. 107. Библиогр. список: 43 назв.

Работа представлена в авторской редакции.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	6
Глава 1. Физико-химические и термодинамические свойства металлических расплавов и солей и их влияние на процесс рафинирования	8
А. Свойства металлов и сплавов	8
1.1. Общие понятия о некоторых термодинамических величинах	8
1.2. Типы химической связи в кристаллах	24
1.3. Свойства в жидком состоянии	31
1.4. Свойства в твердом состоянии	68
1.5. Основные закономерности окисления легких металлов	77
Зависимость скорости окисления металлов от температуры	80
Окисление твердого алюминия	81
Окисление жидкого алюминия	82
Окисление алюминиевых сплавов	88
Влияние состава на прочность оксидной пленки	105
Скорость выгорания примесей	109
Б. Физические свойства твердых и расплавленных солей	111
1.6. Структура твердых солей и оксидов	111
1.7. Структура расплавленных солей	123
1.8. Температура плавления солей	131
1.9. Диаграммы плавокости солевых систем	135
1.10. Упругость пара солей и их смесей	147
1.11. Плотность и вязкость расплавленных солей и их смесей	151
Влияние структуры и температуры на плотность солей	152
Плотность и молярный объем смесей расплавленных солей	156
Вязкость расплавленных солей и смесей в зависимости от структуры и температуры	160
1.12. Термохимические и термодинамические свойства твердых и расплавленных солей	167
Теплоемкость твердых и расплавленных солей	167
Теплоты плавления, испарения и энтропия образования солей	170
Свободная энергия образования солей и оксидов	174
Термодинамические свойства расплавленных солей	175
В. Поверхностные явления в жидких металлах и расплавленных солях	178
1.13. Теоретические основы поверхностного натяжения	179
1.14. Поверхностное натяжение расплавленных солей	182
1.15. Адсорбционные явления в расплавленных солях	198

Глава 2. Физико-химические процессы взаимодействия алюминия с газами и футеровкой литейных агрегатов при плавлении и литье	202
2.1. Взаимодействие с газами	203
Система жидкий металл – газ	210
Общие положения взаимодействия жидких металлов с водородом	219
Взаимодействие расплава алюминия с водородом	222
Общие положения взаимодействия жидких металлов с кислородом	234
Взаимодействие расплава алюминия с кислородом	239
Взаимодействие расплава алюминия с азотом	248
Взаимодействие алюминиевых сплавов с печной атмосферой	249
2.2. Взаимодействие алюминиевых сплавов с огнеупорами	253
Глава 3. Рафинирование алюминия и его сплавов	258
3.1. Классификация примесей в расплаве алюминия	258
3.2. Методы рафинирования алюминия и его сплавов	265
3.3. Рафинирование флюсами	270
Назначение и классификация флюсов	270
Требования к флюсам	271
Выбор состава флюсов	271
Составы флюсов для обработки алюминия и его сплавов	273
Физико-химические свойства флюсов	281
Гидродинамика флюсового рафинирования	296
Термодинамика флюсового рафинирования	300
Кинетика флюсового рафинирования	303
Лимитирующая стадия переноса включений из расплава во флюс	308
Особенности взаимодействия флюсов с расплавом алюминия	313
Технология применения флюсов	323
Электрофлюсовое рафинирование (ЭФР)	338
Приготовление флюсов	340
Некоторые вопросы техники безопасности при производстве и применении флюсов	344
3.4. Рафинирование газами	345
3.5. Промышленные схемы рафинирования	365
3.6. Вакуумная обработка расплава	381
3.7. Фильтрация через сетчатые фильтры	388
3.8. Фильтрация через насыпные фильтры	394
Механическое отделение включений и пор	395
Определение адгезионной активности материалов насыпных фильтров	408
Адгезионная очистка от включений интерметаллидов	412
Кинетика фильтрации	418
Промышленные схемы фильтрации через насыпные фильтры	422
3.9. Фильтрация через пористые керамические фильтры	427
3.10. Комбинированные методы рафинирования	437

Глава 4. Дефекты в слитках	448
4.1. Классификация дефектов	448
4.2. Поверхностные дефекты	450
4.3. Внутренние дефекты	459
Образование усадочных раковин и пор	460
Образование газовых дефектов и пор	462
4.4. Пористость в слитках, отлитых непрерывным способом	468
4.5. Оксидные и неметаллические включения	472
4.6. Интерметаллические соединения	476
4.7. Светлые кристаллиты	479
4.8. Местная разноструктурность в слитках	481
4.9. Механизм образования расслоений в полуфабрикатах	484
 Список использованной литературы	 488