

С. П. Яценко, Л. А. Пасечник

СКАНДИЙ: НАУКА И ТЕХНОЛОГИЯ



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА

С. П. Яценко, Л. А. Пасечник

СКАНДИЙ: НАУКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Екатеринбург
Издательство Уральского университета
2016

УДК 669.85
ББК 24.123
Я927

Рецензенты:

академик Г. П. Швейкин, Институт химии твердого тела УрО РАН;
доктор химических наук В. Г. Шевченко, Институт химии твердого тела УрО РАН

Ответственный редактор

доктор технических наук, заведующий лабораторией химии гетерогенных
процессов Института химии твердого тела УрО РАН
Н. А. Сабирзянов

Яценко, С. П.

Я927 Скандий: наука и технология / С. П. Яценко, Л. А. Пасечник ;
отв. ред. Н. А. Сабирзянов ; Ин-т химии твердого тела УрО РАН. –
Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 364 с.

ISBN 978-5-7691-2442-6

Приведены сведения о сырьевых ресурсах, производстве, технологических особенностях и методах концентрирования скандия при блочной переработке различных сырьевых источников, получении скандийсодержащих сплавов и металлического скандия, его физических и химических свойствах, применении в технике скандиевых сплавов и соединений. Проанализированы экспериментальные данные о фазовых равновесиях в бинарных и многокомпонентных системах скандия, даны характеристики известных интерметаллических соединений. Рассмотрены составы и условия образования кристаллических структур; систематизированы их типы и закономерности изменения свойств в гомологических рядах соединений, приведены полуэмпирические методы оценки их свойств. Представлены результаты исследований по блокированию скандием процессов рекристаллизации сплавов, сопровождающихся значительным повышением механических и коррозионностойких свойств легких (алюминий, магний, литий) и высокопрочных сплавов и сталей.

Книга рассчитана на специалистов в области производства, применения и исследования редких и редкоземельных элементов, создания новых материалов, может быть полезна для преподавателей, аспирантов и студентов учебных заведений металлургических и химических специальностей.

УДК 669.85
ББК 24.123

ISBN 978-5-7691-2442-6

© Институт химии твердого тела УрО РАН, 2016
© Яценко С. П., Пасечник Л. А., 2016

Оглавление

Предисловие	6
Глава 1. Нахождение скандия в природе	9
1.1. Распространенность скандия	9
1.2. Природные минералы скандия	11
1.3. Скандий в бокситах и глинах России	12
1.4. Скандий в бокситах и глинах Казахстана	15
1.5. Скандий в бокситовых месторождениях других стран	16
1.6. Скандий в урановых рудах	17
1.7. Скандий в других рудах	18
1.8. Производство скандия	19
1.9. Токсикология скандия	20
1.10. Заключение	20
Глава 2. Физические свойства скандия	27
2.1. Плотность и тепловое расширение	27
2.2. Поверхность Ферми	30
2.3. Теплоемкость скандия	32
2.4. Температуропроводность	33
2.5. Теплопроводность	34
2.6. Энтропия и свободная энергия	34
2.7. Давление насыщенного пара	34
2.8. Механические свойства	35
2.9. Электросопротивление	35
2.10. Термо-ЭДС	37
2.11. Коэффициент Холла	38
2.12. Магнитная восприимчивость	39
2.13. Поверхностное натяжение и плотность жидкого металла	39
Глава 3. Основные закономерности взаимодействия скандия с элементами Периодической системы Д. И. Менделеева	43
3.1. Анализ взаимодействия с позиций Гильдебранта и Мотта	46
3.2. Твердые растворы скандия в металлах и металлов в скандии	50
3.3. Металлохимические закономерности в бинарных сплавах скандия	52
3.4. Двойные системы	54
3.4.1. Группа IA. Водород и щелочные металлы	54
3.4.2. Группа IB. Подгруппа меди	55
3.4.3. Группа IIA. Бериллий и щелочноземельные металлы	56
3.4.4. Группа IIB. Подгруппа цинка	57
3.4.5. Группа IIIB. Иттрий и редкоземельные металлы, актиниды	57
3.4.6. Группа IVB. Подгруппа титана	61
3.4.7. Группа VB. Подгруппа ванадия	62
3.4.8. Группа VIB. Подгруппа хрома	62

3.4.9. Группа VIII. Подгруппа марганца	63
3.4.10. Группа VIII. Семейство железа и платиновые металлы ..	64
3.4.11. Группа IIIA. Подгруппа бора	66
3.4.12. Группа IVA. C, Si, Ge, Sn, Pb	68
3.4.13. Группа VA. Подгруппа азота	70
3.4.14. Группа VIA. Подгруппа кислорода	71
3.4.15. Группа VIIA. Подгруппа фтора	71
Глава 4. Многокомпонентные сплавы скандия	82
4.1. Трехкомпонентные и другие скандийсодержащие сплавы с алюминием	85
4.2. Скандий в сплавах на основе магния	116
4.3. Тройные сплавы систем Sc–элемент IIIA группы–M	118
4.4. Тройные сплавы систем Sc–элемент IVA группы–M	122
4.5. Тройные системы скандия с переходными металлами	130
Глава 5. Двойные и тернарные соединения скандия	141
5.1. Взаимодействие скандия в двойных системах	141
5.1.1. Соединения скандия с элементами IIА–IIIА групп	141
5.1.2. Соединения скандия с непереходными элементами IVA группы	145
5.1.3. Соединения скандия с элементами VA и VIA групп	147
5.1.4. Галогениды скандия и галогенскандиаты щелочных металлов	149
5.1.5. Соединения скандия с переходными металлами	155
5.1.6. Соединения скандия с металлами VIII подгруппы	156
5.1.7. Соединения скандия с металлами VIII группы	157
5.1.8. Соединения скандия с платиновыми металлами	160
5.1.9. Структурные типы интерметаллических соединений в бинарных системах	160
5.2. Тернарные соединения скандия	162
5.2.1. Соединения скандия и элементов группы бора с металлами	162
5.2.2. Тернарные соединения скандия с алюминием и другими металлами	164
5.2.3. Соединения в тройных системах Sc–Ga–M	166
5.2.4. Соединения скандия и элементов группы углерода с переходными металлами	169
5.3. Металлохимические и кристаллохимические закономерности в трехкомпонентных сплавах скандия	180
5.3.1. Кристаллохимия скандиевых ИМС	184
Глава 6. Технология скандия при переработке минерального сырья	200
6.1. Извлечение скандия при переработке урановых руд	200
6.1.1. Химия технологии урана	202
6.1.2. Экстракционно-сорбционные технологии урана, концентрирование скандия, отделение радиоактивных элементов	207

6.2. Получение соединений скандия из техногенного отхода глиноземного производства	221
6.2.1. Пирометаллургическая переработка красных шламов глиноземного производства	226
6.2.2. Гидрохимическая переработка шлама с использованием кислотных способов	230
6.2.3. Содощелочная переработка красных шламов	239
6.3. Извлечение скандия из продуктов переработки титансодержащего сырья	248
6.4. Извлечение скандия из циркониевых концентратов	256
6.5. Редкоземельные элементы в фосфогипсе	259
6.6. Извлечение скандия из других техногенных отходов и концентратов	260
6.6.1. Извлечение скандия из хвостов обогащения руд Качканарского ГОКа	260
6.6.2. Извлечение скандия из силикатокарбонатной руды	263
6.6.3. Извлечение скандия из отходов вольфрамового производства	265
6.6.4. Выделение скандия из отходов оловянных заводов	268
6.6.5. Переработка тортвейтита	270
6.6.6. Извлечение скандия из зол сжигания угля	271
6.6.7. Извлечение скандия из берилловых концентратов	272
6.6.8. Извлечение скандия из алюминиевых сплавов	273
6.7. Общие принципы концентрирования	274
6.8. Получение чистого оксида скандия	285
6.9. Заключение	288

Получение скандийсодержащих сплавов и металлического

.....	302
7.1. Фторидно-хлоридно-оксидные системы скандия	303
7.2. Защита и рафинирование алюминиевых сплавов флюсами	311
7.3. Технологии получения алюмоскандиевой и других лигатур	313
7.4. Поведение примесей	316
7.5. Электрошлаковый переплав	319
7.6. Получение сплавов методом инъекции технологических прошков в расплав	320
Получение лигатуры Al-Sc в алюминиевом электролизере	325
Получение сплавов растворением скандия, титана, циркония и гафния в металлических расплавах	326
9. Способ получения металлического скандия	336

Глава 8. Применение скандия и его соединений	346
8.1. Скандий в сплавах	346
8.2. Изотопы скандия	351
8.3. Соединения скандия	352

Список основных сокращений	362
---	-----