



Министерство образования и науки Республики Казахстан
Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова
Кафедра металлургии

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по изучению дисциплины

«Металлургия редких металлов»

для студентов специальностей
5В070900 – Металлургия

Павлодар



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР

_____ Н. Э. Пфейфер

(подпись)

«___» _____ 20__ г.

Составитель: ст. преподаватель _____ Бакиров А. Г.
(подпись)

Кафедра металлургии

Методические указания

по изучению дисциплины

по дисциплине «Металлургия редких металлов»

для студентов специальностей 5В070900 – Металлургия

Рекомендовано на заседании кафедры
«___» _____ 20__ г., протокол № _____

Заведующий кафедрой _____ М. М. Суюндиков «___» _____ 20__ г.
(подпись)

Одобрено УМС факультета металлургии, машиностроения и транспорта
«___» _____ 20__ г., протокол № _____

Председатель УМС _____ Ж. Е. Ахметов
(подпись)

ОДОБРЕНО:

Начальник ОПиМО _____ Е. Н. Жуманкулова «___» _____ 20__ г.
(подпись)

Одобрена учебно-методическим советом университета
«___» _____ 20__ г. Протокол № _____

Содержание

	Введение	4
1	Содержание дисциплины	5
2	Вопросы для итогового контроля успеваемости по дисциплине	11
	Литература	14

Введение

Для изучения дисциплины «Металлургия редких металлов» согласно учебного плана предусматриваются лекционные, практические занятия и самостоятельная работа студента.

Лекционные занятия являются ведущей организационной формой обучения по дисциплине, обеспечивающей формирование у студентов системы знаний, составляющих основу дисциплины.

Главная цель лекционных занятий – сформировать у студентов представление о дисциплине, обеспечить усвоение технических знаний и получение практических навыков в прикладных разделах дисциплины.

Для методического руководства и проведения практических занятий составляются методические указания.

Самостоятельная работа студентов направляется и контролируется преподавателем.

Обучение студентов в университете осуществляется по кредитной системе обучения, что подразумевает большой объем самостоятельной работы по изучению дисциплины.

Работа студента по изучению дисциплины включает в себя такие виды работ как:

- подготовку к лекционным и практическим занятиям;
- посещение лекционных, практических занятий и СРСП;

Особенностью кредитной системы обучения является то, что на занятия (лекционные, практические) студент должен прийти подготовленным и изучившим материал по теме предстоящего занятия.

Для этого студенту преподаватель выдает следующие материалы: ПДС, Методические рекомендации и указания для подготовки к лекциям, практическим занятиям, СРСП и СРС с вопросами по которым будет проверяться уровень знаний на каждом занятии.

Методические рекомендации по подготовке к лекциям могут быть заменены Графиком чтения основной литературы по дисциплине, где будет указан необходимый объем материала, который должен быть прочтен перед каждым лекционным занятием.

Тем самым студент, руководствуясь этими материалами, должен заранее изучать необходимый материал, для успешного и эффективного усвоения материала, преподносимого на занятиях.

1 Содержание дисциплины

Тематика лекционных занятий

Тема 1. Введение.

Общие сведения о металлургии редких металлов. Понятие о редких металлах. Классификация редких металлов. Особенности металлургии редких металлов. Использование отходов и полупродуктов заводов цветной металлургии для извлечения редких и рассеянных металлов.

Рекомендуемая литература: [1] с. 5-15, [6] с. 6-15.

Тугоплавкие редкие металлы

Тема 2. Вольфрам.

Свойства вольфрама и его соединений. Области применения вольфрама. Минералы, руды, месторождения вольфрама.

Способы переработки вольфрамовых концентратов. Разложение вольфрамитовых концентратов спеканием с содой и селитрой. Спекание шеелитовых концентратов с содой и песком. Выщелачивание содовых спеков. Разложение вольфрамитовых концентратов растворами едкого натра.

Переработка растворов вольфрамата натрия. Очистка растворов вольфрамата натрия от примесей. Получение вольфрамовой кислоты из растворов вольфрама натрия. Очистка технической вольфрамовой кислоты и получение триоксида вольфрама.

Получение вольфрама из его триоксида восстановлением водородом.

Рекомендуемая литература: [1] с. 16-81, [4] с. 383-399.

Тема 3. Молибден.

Свойства молибдена и его соединений. Области применения молибдена. Минералы, руды и рудные концентраты молибдена.

Способы переработки молибденовых концентратов. Окислительный обжиг молибденовых концентратов. Теоретические основы. Обжиг в многоподовых печах. Обжиг в печах кипящего слоя.

Производство чистого триоксида молибдена. Способ возгонки. Гидрометаллургический способ переработки огарков. Выщелачивание. Очистка растворов от примесей меди и железа. Выделение молибдена из аммиачных растворов. Способ выпарки. Способ нейтрализации. Термическое разложение парамолибдата аммония.

Производство молибденовых порошков. Получение молибдена из его триоксида восстановлением водородом.

Рекомендуемая литература: [1] с. 102-147, [4] с. 404-417.

Тема 4. Титан

Свойства титана. Области применения. Минералы, руды, месторождения руд.

Теоретические основы производства титановых шлаков. Технология плавки ильменитовой руды с получением чугуна и титанового шлака. Производство четыреххлористого титана. Теоретические основы процесса хлорирования. Технология хлорирования. Состав парогазовой смеси, выходящей из хлораторов. Переработка паро-газовой смеси на технический тетрахлорид титана. Физико-химические основы процесса. Технология процесса конденсации и разделения хлоридов.

Очистка тетрахлорида титана от примесей.

Очистка от ванадия химическими способами. Очистка от кремния ректификацией.

Восстановление четыреххлористого титана магнием. Теоретические основы и технология процесса.

Вакуумная сепарация реакционной массы. Теоретические основы. Технология вакуумной сепарации, аппаратурное оформление.

Натриетермический способ получения титана.

Теория и технология процесса. Преимущества и недостатки по сравнению с магниетермией.

Рекомендуемая литература: [1] с. 215-278, [4] с. 363-376.

Тема 5. Тантал и ниобий.

Физические и химические свойства тантала и ниобия. Области применения. Минералы, руды, месторождения руд.

Металлургическая переработка танталито-колумбитовых концентратов. Вскрытие концентратов. Разложение плавиковой кислотой. Переработка лопаритовых концентратов. Способ хлорирования. Серноокислотный способ. Разделение тантала и ниобия и очистка их соединений от примесей. Дробная кристаллизация комплексных фторидов. Разделение тантала и ниобия экстракцией. Разделение тантала и ниобия ректификацией хлоридов.

Получение металлических тантала и ниобия. Натриетермическое восстановление тантала и ниобия из фтортанталата калия и фторниобата калия. Карботермический способ получения ниобия и тантала. Аллюминотермический способ получения ниобия и тантала из их пентаоксидов.

Рекомендуемая литература: [1] с. 156-196, [6] с. 86-113.

Тема 6. Цирконий и гафний.

Важнейшие свойства циркония, гафния и их химических соединений. Области применения циркония и гафния. Циркониевые минералы, руды и рудные концентраты.

Производство диоксида циркония. Разложение циркона спеканием с содой. Разложение циркона спеканием с карбонатом кальция. Солянокислотный способ. Сернокислотный способ.

Выделение циркония из растворов и получение диоксида циркония. Осаждение хлористого цирконила и получение диоксида циркония.

Производство фторцирконата калия. Производство четыреххлористого циркония. Хлорирование цирконового концентрата. Хлорирование карбонитрида циркония.

Разделение циркония и гафния. Фракционная кристаллизация фтористых комплексных солей. Экстракционное разделение. Ректификация хлоридов. Избирательное восстановление хлоридов.

Производство губчатого циркония и гафния магниетермическим восстановлением хлорида циркония и гафния. Очистка четыреххлористого циркония возгонкой. Восстановление циркония и гафния. Сепарация. Получение циркония из диоксидов восстановлением кальцием или гидридом кальция.

Рекомендуемая литература: [1] с. 298-320, 322-325, 328-346.

Тема 7. Ванадий.

Свойства ванадия и его соединений. Важнейшие области применения. Минералы, руды и их месторождения.

Извлечение ванадия из железных руд и концентратов. Извлечение ванадия из шлаков черной металлургии и других видов сырья. Получение металлического ванадия. Получение ванадия диссоциацией галогенидов. Восстановление ванадия из его пентаоксида металлическим кальцием. Получение феррованадия.

Рекомендуемая литература: [6] с. 124-151.

Рассеянные редкие металлы

Тема 8. Галлий.

Свойства галлия и его соединений. Области применения галлия. Получение галлия в производстве глинозема и алюминия. Получение галлия на галламе алюминия.

Рекомендуемая литература: [1] с. 422-441, [6] с. 278-291.

Тема 9. Германий.

Свойства германия и его соединений. Области применения германия. Сырьевые источники германия. Предварительная обработка первичного сырья и получение германиевых концентратов. Выщелачивание серной кислотой. Сульфатизирующий обжиг. Возгонка сульфида германия. Цементация.

Производство диоксида германия высокой чистоты. Получение технического тетрахлорида германия. Очистка технического тетрахлорида

германия. Получение диоксида германия из очищенного тетрахлорида германия.

Восстановление германия из его диоксида.

Рекомендуемая литература: [1] с. 380-408, [6] с. 253-270.

Редкоземельные металлы

Тема 10. Скандий, иттрий, лантан и лантаноиды.

Некоторые химические и физические свойства. Соединения редкоземельных элементов. Области применения лантаноидов. Источники сырья.

Переработка монацита. Серноокислотный способ. Щелочной способ. Методы разделения редкоземельных элементов. Избирательное окисление. Избирательное восстановление. Разделение редкоземельных элементов экстракцией. Разделение с помощью ионообменных смол. Общие схемы полного разделения.

Рекомендуемая литература: [1] с. 494-513, 514-529, [6] с. 342-364.

Радиоактивные редкие металлы

Тема 11. Торий.

Свойства тория и его соединений. Области применения тория. Производство тория. Получение чистых соединений тория. Производство металлического тория. Получение компактного тория.

Рекомендуемая литература: [6] с. 391-394, 408-413.

Тема 12. Уран.

Свойства урана и его соединений. Области применения. Сырьевые источники урана.

Переработка урановых руд. Извлечение урана раствором соды. Извлечение урана из растворов. Очистка концентратов. Получение фторида урана. Производство металлического урана. Восстановление фторида урана кальцием. Плавка урана.

Рекомендуемая литература: [6] с. 391-408.

Перечень и содержание практических занятий

Тема 2. Вольфрам.

Занятие 1. Материальные расчеты в производстве вольфрама.

Расчет состава шихты при спекании вольфрамитовых концентратов с содой.

Тема 3. Молибден.

Занятие 2. Материальные расчеты в производстве молибдена.

Расчет процесса обжига молибденитового концентрата.

Тема 6. Цирконий и гафний.

Занятие 3. Материальные расчеты в производстве циркония.

Расчет восстановления четыреххлористого циркония магниетермическим методом.

Тема 8. Галлий.

Занятие 4. Материальные расчеты в производстве галлия.

Расчет переработки алюминатного раствора с попутным извлечением галлия.

Перечень тем, вынесенных на самостоятельное изучение студентами

Тема 1. Введение.

Задание 1. Использование пылей и шламов металлургических заводов для извлечения редких металлов.

Рекомендуемая литература: [1], 361-367, 450-455, 478-480 стр.

Тема 2. Вольфрам.

Задание 2. Обработка вольфрама и молибдена давлением.

Рекомендуемая литература: [1], 96-102, 156 стр.

Тема 4. Титан.

Задание 3. Рафинирование титана электролизом и термическим методом. Восстановление диоксида титана кальцием или гидридом кальция.

Рекомендуемая литература: [1], 278-288 стр.

Тема 5. Тантал и ниобий.

Задание 4. Получение компактных тантала и ниобия. Способ порошковой металлургии. Плавка тантала и ниобия.

Рекомендуемая литература: [1], 208-213 стр.

Тема 6. Цирконий и гафний.

Задание 5. Производство компактного циркония. Метод порошковой металлургии. Электронно-лучевая плавка. Плавка в электродуговых печах. Получение металлического гафния.

Рекомендуемая литература: [1], 351-354 стр.

Тема 8. Галлий.

Задание 6. Известковый метод получения галлиевого концентрата. Получение галлия высокой чистоты.

Рекомендуемая литература: [1], 431-433, 441-445 стр.

Тема 9. Германий.

Задание 7. Очистка германия и получение монокристаллов.

Рекомендуемая литература: [1], 409-422 стр.

Тема 10. Скандий, иттрий, лантан и лантаноиды..

Задание 8. Получение редкоземельных металлов. Электролитический способ получения редкоземельных металлов. Металлотермические методы получения лантаноидов.

Рекомендуемая литература: [1], 529-541 стр.

Перечень и содержание СРСП

Тема 2. Вольфрам.

Занятие 1. Получение компактного вольфрама. Прессование заготовок. Спекание штабиков. Плавка вольфрама.

Тема 3. Молибден.

Занятие 2. Производство компактного молибдена. Прессование заготовок. Спекание штабиков. Низкотемпературное спекание («сварка»). Спекание крупных заготовок. Плавка молибдена. Дуговая плавка. Электроннолучевая плавка.

Тема 4. Титан.

Занятие 3. Рафинирование титана иодидным способом. Теоретические основы и технология иодидного метода рафинирования титана.

Тема 5. Тантал и ниобий.

Занятие 4. Получение тантала и ниобия из их хлоридов восстановлением водородом. Получение металлических тантала и ниобия электролизом расплавленных солей.

Тема 6. Цирконий и гафний.

Занятие 5. Получение циркония электролизом. Иодидный метод рафинирования циркония.

Тема 8. Галлий.

Занятие 6. Извлечение галлия из зольных уносов от сжигания каменных углей.

Тема 9. Германий.

Занятие 7. Извлечение германия из продуктов переработки углей.

2 Вопросы для итогового контроля успеваемости по дисциплине

1. Понятие о редких металлах Классификация редких металлов.
2. Области применения вольфрама. Минералы, руды, месторождения вольфрама.
3. Разложение вольфрамитовых концентратов спеканием с содой и селитрой.
4. Спекание шеелитовых концентратов с содой и песком. Выщелачивание содовых спеков.
5. Вскрытие вольфрамитовых концентратов растворами в автоклавах.
6. Очистка растворов вольфрамата натрия от примесей.
7. Получение вольфрамовой кислоты из растворов вольфрама натрия.
8. Очистка технической вольфрамовой кислоты и получение триоксида вольфрама.
9. Экстракционный способ переработки растворов вольфрамата натрия
10. Получение вольфрама из его триоксида восстановлением водородом.
11. Получение компактного вольфрама методом порошковой металлургии.
12. Спекание штабиков вольфрама.
13. Области применения молибдена. Минералы, руды и рудные концентраты молибдена.
14. Окислительный обжиг молибденовых концентратов. Обжиг в многоподовых печах. Обжиг в печах кипящего слоя.
15. Гидрометаллургический способ переработки молибденовых огарков.
16. Выделение молибдена из аммиачных растворов.
17. Получение молибдена из его триоксида восстановлением водородом.
18. Производство компактного молибдена методом порошковой металлургии.
19. Плавка молибдена. Дуговая плавка. Электроннолучевая плавка.
20. Свойства и области применения титана и его важнейших соединений и сплавов.
21. Руды и минералы титана. Месторождения.
22. Плавка ильменитового концентрата на титановый шлак.
23. Теоретические основы и технология процесса хлорирования титанового шлака.
24. Физико-химические основы разделения хлоридов металлов при получении тетрахлорида титана.
25. Технология разделения хлоридов при получении тетрахлорида титана.
26. Очистка технического четыреххлористого титана от примесей.
27. Восстановление четыреххлористого титана магнием.

28. Вакуумная сепарация реакционной массы.
29. Натриетермический способ получения титана.
30. Рафинирование титана электролизом и иодидным методом.
31. Способы получения диоксида титана.
32. Области применения тантала и ниобия. Минералы, руды, месторождения руд.
33. Metallургическая переработка танталито-колумбитовых концентратов.
34. Переработка лопаритовых концентратов.
35. Дробная кристаллизация комплексных фторидов тантала и ниобия.
36. Разделение тантала и ниобия экстракцией.
37. Разделение тантала и ниобия ректификацией хлоридов.
38. Натриетермическое восстановление тантала и ниобия из фтортантала калия и фторниобата калия.
39. Получение металлических тантала и ниобия электролизом расплавленных солей.
40. Области применения циркония и гафния. Циркониевые минералы, руды и рудные концентраты.
41. Разложение циркона спеканием с содой.
42. Разложение циркона спеканием с карбонатом кальция.
43. Производство фторцирконата калия.
44. Производство четыреххлористого циркония.
45. Фракционная кристаллизация фтористых комплексных солей.
46. Экстракционное разделение. Ректификация хлоридов.
47. Производство губчатого циркония и гафния магниетермическим восстановлением хлорида циркония и гафния.
48. Получение циркония из диоксидов восстановлением кальцием или гидридом кальция.
49. Иодидный метод рафинирования циркония и гафния.
50. Важнейшие области применения ванадия. Минералы, руды и их месторождения.
51. Извлечение ванадия из железных руд и концентратов.
52. Получение металлического ванадия.
53. Области применения галлия. Получение галлия в производстве глинозема и алюминия.
54. Области применения германия. Сырьевые источники германия.
55. Предварительная обработка первичного сырья и получение германиевых концентратов.
56. Получение технического тетрахлорида германия.
57. Получение диоксида германия из очищенного тетрахлорида германия.
58. Восстановление германия из его диоксида. Очистка германия и получение монокристаллов.
59. Области применения лантаноидов. Источники сырья.
60. Переработка моноцита.

61. Методы разделения редкоземельных элементов.
62. Получение редкоземельных металлов.
63. Области применения тория. Производство тория.
64. Области применения. Сырьевые источники урана.
65. Переработка урановых руд.

Литература

Основная литература

- 1 Зеликман А. Н. Металлургия редких металлов. Учебник / А. Н. Зеликман, О. Е. Крейн, Г. В. Самсонов. – М. : Metallurgia, 1978. – 560 с.
- 2 Есиркегенов Г. М. Металлургия ванадия. Учебное пособие / Г. М. Есиркегенов, А. К. Кобжасов. – Алма-Ата: КазПТИ, 1990. – 78 с.
- 3 Киндяков П. С. Химия и технология редких и рассеянных элементов. Часть 3. Учебное пособие / П. С. Киндяков, Б. Г. Коршунов, П. И. Федоров, И. П. Кисляков; Под ред. К. А. Большакова. – 2-е изд. – М.: Высшая школа, 1978. – с.3-37, 92-121, 133-155.
- 4 Уткин Н. И. Производство цветных металлов. – 2-е изд. – М. : Интермет Инжиниринг, 2004. – 442 с.
- 5 Х. Х. Валиев, Ю. П. Романтеев. Металлургия свинца, цинка и сопутствующих металлов. Учебник. – Алматы: 2000. – 441 с.
- 6 Зеликман А. Н. Металлургия редких металлов. Учебник для вузов / А. Н. Зеликман, Б. Г. Коршунов. – М. : Metallurgia, 1991. – 432 с.

Дополнительная литература

- 7 Зеликман А. Н. Ниобий и тантал / А. Н. Зеликман, Б. Г. Коршунов, А. В. Елютин, А. Н. Захаров. – М. : Metallurgia, 1990. – 295 с.
- 8 Кобжасов А. К. Пиро- и гидрометаллургические процессы (лабораторный практикум по общему курсу «Металлургия редких металлов») / А. К. Кобжасов, Г. А. Литвиненко. – Алматы: КазНТУ, 2002.