

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
им. А.А. БАЙКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
МЕТАЛЛУРГИЯ ТИТАНА И ВАНАДИЯ

Направление подготовки: **22.06.01 Технологии материалов**

Направленность подготовки:
Металлургия черных, цветных и редких металлов

Одобрено на заседании
Ученого совета ИМЕТ РАН
_____ 2017 г.
Протокол № _____

Москва 2017 год

Курс «Металлургия титана и ванадия» направлен на углубленное изучение металлургии титана и ванадия, в т.ч.

- изучение технологии производства титана и ванадия;
- изучение комплексной переработки сырья для металлургического производства;
- изучение аппаратных особенностей оформления металлургических процессов;
- усовершенствование практических навыков металлургических расчетов;
- приобретение навыков проведения лабораторных, технологических и научных экспериментов по определенной методике; анализ исходных, конечных продуктов и результатов исследования.

Вопросы для подготовки к собеседованиям по темам курса

Темы 1-2: «Историческая справка. Физические и химические свойства. Применение титана и ванадия», «Распространенность в природе. Сырьевые источники титана и ванадия. Основные производители»

Вопросы к собеседованию 1:

- 1) Основные области применения титана и ванадия.
- 2) Сырьевые источники получения титана и ванадия.

Темы 3-4: «Методы обогащения руд с получением титаномагнетитовых, ильменитовых, рутиловых и др. концентратов», «Промышленные способы переработки ильменитовых и рутиловых концентратов»

Вопросы к собеседованию 2:

- 1) Методы обогащения, применяемые для удаления пустой породы при получении титаномагнетитовых, ильменитовых и рутиловых концентратов.
- 2) Восстановительная плавка ильменита с целью отделения железа с получением титанового шлака и чугуна.
- 3) Способ получения тетрахлорида титана;
- 4) Очистка тетрахлорида титана ректификацией;
- 5) Магнетермический способ получения титановой губки;
- 6) Способ иодидного рафинирования титана.

Тема 5: «Переработка титаномагнетитов с извлечением железа и ванадия»

Вопросы к собеседованию 3:

- 1) Доменная плавка титаномагнетитового концентрата. Химизм процесса.
- 2) Основные закономерности электроплавки высокотитанистых концентратов.
- 3) Физико-химические основы гидрометаллургической переработки ванадиевых шлаков.

Темы 6-7: «Способы извлечения титана из титановых шлаков», «Перспективные технологии комплексной переработки титаномагнетитов с извлечением железа, титана и ванадия»

Вопросы к собеседованию 4:

- 1) Реакции взаимодействия газообразного хлора с компонентами титаносодержащего сырья.
- 2) Способы хлорирования титаносодержащего сырья: в кипящем слое, в хлораторе шахтного типа и т.д.
- 3) Получение пентаоксида ванадия из промпродуктов титанового производства.

Методика решения задач
Расчетная задача 1 по теме 3

«Методы обогащения руд с получением титаномагнетитовых, ильменитовых, рутиловых и др. концентратов»:

Расчет рационального состава исходного концентрата. Расчет материального баланса проведенного процесса обогащения.

Исходные данные:

Рассчитать рациональный состав титаномагнетитового концентрата. Состав исходного титаномагнетитового концентрата (в %) представлен в таблице 1. В концентрате содержатся следующие минералы: ильменит, хромит, кулсонит, благородная шпинель, шпинель (магнезиоферрит), якобит, ульвошпинель и магнетит. Содержание TiO_2 в ильмените составляет 20,3% от общего количества TiO_2 .

Таблица 1

TiO_2	SiO_2	Al_2O_3	Cr_2O_3	Fe_2O_3	FeO	$Fe_{0,6}$	MnO	MgO	CaO	V_2O_5	P_2O_5	S	пр
12,3	6,8	4,71	0,02	35,21	30,17	48,12	0,31	6,19	1,36	0,44	0,2	0,63	1,66

Решение:

Железо и титан находятся в ильмените: $x = (12,3 \cdot 0,203 \cdot 71,8) / 79,9 = 2,25 \%$.

Хром находится в хромите: $x = (0,02 \cdot 71,8) / 152 = 0,01 \%$.

Ванадий также связан с железом в кулсонит: $x = (0,44 \cdot 71,8) / 149,8 = 0,21 \%$.

Алюминий и магний находятся в благородной шпинели: $x = (4,71 \cdot 40,3) / 102 = 1,86 \%$.

Оставшееся количество магния ($6,19 - 1,86 = 4,33 \%$) в магнезиоферрите: $x = (4,33 \cdot 159,6) / 40,3 = 17,15 \%$.

Марганец связан в якобит: $x = (0,31 \cdot 159,6) / 70,9 = 0,70 \%$.

Оставшийся титан ($12,3 - 2,25 = 9,8 \%$) находится в ульвошпинели: $x = (9,8 \cdot 143,6) / 79,9 = 17,61 \%$.

Оставшееся железо (III) ($35,21 - 17,15 - 0,70 = 17,36 \%$) находится в магнетите: $x = (17,36 \cdot 71,8) / 159,6 = 7,81 \%$.

Оставшееся железо (II) ($30,17 - 2,25 - 0,01 - 0,21 - 17,61 - 7,81 = 2,28 \%$) находится в нерудных минералах.

Рациональный состав титаномагнетитового концентрата

Минералы	Компоненты									
	TiO_2	Al_2O_3	Cr_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	V_2O_5	Прочие	Всего
Ильменит $FeO \cdot TiO_2$	2,5				2,25		1,86			4,75
Хромит $FeO \cdot Cr_2O_3$			0,02		0,01		4,33			0,03
Кулсонит $FeO \cdot V_2O_5$					0,21			0,44		0,65
Благородная шпинель $MgO \cdot Al_2O_3$		4,71								4,71
Шпинель (магнезиоферрит) $MgO \cdot Fe_2O_3$				17,15						17,15

Якобит MnO·Fe ₂ O ₃				0,7		0,31				1,01
Ульвошпинель 2FeO·TiO ₂	9,8				17,61					27,41
Магнетит FeO·Fe ₂ O ₃				17,36	7,81					25,17
Прочие					2,28				10,65	12,93
Всего	12,30	4,71	0,02	35,21	30,17	0,31	6,19	0,44	10,65	100,00

Расчетная задача 2 по теме 5

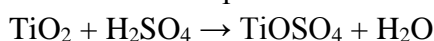
«Переработка титаномагнетитов с извлечением железа и ванадия»:

Расчет энергии Гиббса реакций восстановления титаномагнетитовых концентратов, их тепловой эффект, вероятность протекания. Расчет энергии активации и порядка реакции процесса выщелачивания ванадиевого шлама с последующим определением лимитирующих стадий.

Вариант 1.

Исходные данные:

Определить термодинамическую вероятность реакций, протекающих при сернокислотном выщелачивании титанового сырья:



при следующих условиях $T=27^\circ\text{C}$, концентрация H_2SO_4 0,1 м/л, TiOSO_4 0,01 м/л, а $\Delta G = -11,55$ кДж/моль

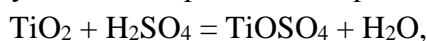
Решение:

$\Delta G = \Delta G_T + RT \ln[\text{TiOSO}_4]/[\text{H}_2\text{SO}_4] = -11,55 \cdot 10^3 + 8,31 \cdot 300 \cdot \ln(0,01)/(0,1) = -11550 + 2493 \cdot (-2,30) = -9059$ кДж (меньше 0), следовательно реакция термодинамически вероятна.

Вариант 2.

Исходные данные:

Определить лимитирующую стадию процесса для реакции



если поток $j=2,5 \cdot 10^3$ моль/(см²·с), Исходная концентрация $\text{H}_2\text{SO}_4 = 10$ м/л, $K_v = 2,5 \cdot 10^{-4}$ с⁻¹.

Решение:

Уравнение общего потока:
$$j = \frac{(C_0 - \frac{C_0}{K_c})}{\frac{\delta_1}{D_1} + \frac{\delta_2}{D_2} + \frac{1}{K_v} + \frac{\delta'_1}{D'_1} + \frac{\delta'_2}{D'_2}}$$

$$T = \frac{C_0}{\frac{\delta_1}{D_1} + \frac{1}{K_v}}$$

$$\frac{\delta_1}{D_1} = \frac{C_0}{T} - \frac{1}{K_v}$$

Подставляя значения в последнее выражение, получаем $\frac{\delta_1}{D_1} = 3,996 \cdot 10^6$

Сравнивая с заданным значением Kv , получаем, что $\frac{\delta_1}{D_1} > \frac{1}{Kv}$, следовательно, лимитирующей стадией процесса будет внешняя диффузия.

Самостоятельная работа по дисциплине «Металлургия титана и ванадия»

Самостоятельная работа аспирантов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе. Во время самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечиваются доступом к сети Интернет, к не менее, чем одной электронной библиотеке, и доступом к электронным научным базам. Основные виды самостоятельной работы: в читальном зале библиотеки с доступом к ресурсам Интернет, в домашних условиях с доступом к ресурсам Интернет.

Вопросы для подготовки к промежуточной аттестации – экзамену

Экзамен проводится в устной форме, где обучающемуся задается 2 вопроса из следующего перечня:

1. Области применения титана и его соединений.
2. Титановые руды и их месторождение.
3. Подготовка и обогащение исходного титанового сырья: характеристика исходного сырья. Технология получения титановых концентратов.
4. Физико-химические свойства диоксида титана. Методы получения диоксида титана
5. Технология выплавки титансодержащих шлаков. Состав и свойства титановых шлаков.
6. Производство тетрахлорида титана. Теоретические основы процесса хлорирования.
7. Хлорирование в шахтных электропечах
8. Хлорирование в расплаве хлоридов щелочных металлов
9. Хлорирование в аппарате с кипящим слоем
10. Физические и химические методы очистки тетрахлорида титана. Технология и аппаратура для очистки тетрахлорида титана.
11. Теоретические основы процесса восстановления тетрахлорида титана.
12. Технология и аппаратура магнетермического процесса восстановления.
13. Технология и аппаратура натриетермического процесса восстановления.
14. Основы процесса, технология и аппаратура вакуумной сепарации реакционной массы.
15. Переработка и сортировка титановой губки. Физико-химические свойства титановой губки. Источники примесей в губчатом титане и их поведение в процессе его получения.
16. Серноокислотная переработка титановых руд
17. Физико-химические свойства ванадия и его соединений.
18. Ресурсы и потребление ванадиевой продукции

19. Основные минералы и руды ванадия
20. Основные титаномагнетитовые руды и способы их переработки
21. Ванадийсодержащее сырье России для производства ванадиевых шлаков
22. Альтернативные источники ванадийсодержащего сырья
23. Физико-химические основы гидрометаллургической переработки ванадийсодержащего сырья
24. Переработка конверторных ванадиевых шлаков содовым способом.
25. Известково-серноокислотный способ переработки ванадиевых шлаков.
26. Отличительные особенности извлечения ванадия из шлаков дуплекс-процесса, монопроцесса и НИКОМ-процесса
27. Гидролитическое осаждение ванадия из ванадатных растворов.
28. Осаждение пентаоксида ванадия из ванадатных растворов с использованием аммонийсодержащих реагентов
29. Получение пентаоксида ванадия повышенного качества
30. Производство феррованадия.
31. Очистка и рециклинг при производстве пентаоксида ванадия. Экологические аспекты ванадиевого производства.

Литература для подготовки по дисциплине

1. Сонгина О. А. Редкие металлы.– М.: Metallurgy, 1964.
2. Зеликман А. Н., Коршунов Б. Г. Metallurgy редких металлов.– М.: Metallurgy, 1991.
3. Коровин С. С., Дробот Д. В., Федоров П. И. Редкие и рассеянные элементы. Химия и технология. Учебник для ВУЗов. Т. 2. – М.: МИСиС, 1999.
4. Резниченко В. А., Аверин В. В., Олюнина Т. В. Титанаты. Научные основы. Технология. Производство. – М. : Наука. 2010.
5. Тарасов А. В. Metallurgy титана– М. : Академкнига, 2003 . – 327с.
6. Metallurgy титана / В. В. Сергеев, Н. В. Галицкий, В. П. Киселев и др. – М.: Metallurgy, 1971.
7. Metallurgy титана /В. А. Гармата, Б. С. Гуляницкий, В. Ю. Крамник и др. – М.: Metallurgy, 1968.
8. Мизин В. Г., Рабинович Е. М., Сирина Т. П. и др. Комплексная переработка ванадиевого сырья, Екатеринбург, УрО РАН, 2005.
9. Лякишев Н. П., Слотвинский-Сидак Н. П., Плиннер Ю. Л. Ванадий в черной металлургии М.: Metallurgy, 1983.

Дополнительная литература

1. Тарасов А. В. Общая металлургия / А. В.Тарасов, Н. И. Уткин. М.: Metallurgy. 1997. 592 с.
2. Гудима Н. В. Краткий справочник по металлургии цветных металлов / Н. В. Гудима, Я. П. Шейн. – М.: Metallurgy. 1975. 535 с.

Электронные образовательные ресурсы:

<http://elibrary.ru/defaultx.asp> – научная электронная библиотека

<http://www.crct.polymtl.ca/fact> – программный комплекс для термодинамических расчетов (бесплатная программа).

Методические материалы разработал

к.т.н.

К.Г. Анисонян