

Теоретичні ОСНОВИ

Т.М. Нестеренко,
І.Ф. Червоний,
В.П. Грицай

ГІДРОМЕТАЛУРГІЙНИХ ПРОЦЕСІВ



Теоретичні ОСНОВИ

Т. М. Нестеренко,
І. Ф. Червоний,
В. П. Грицай



ГІДРОМЕТАЛУРГІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

*Затверджено Міністерством освіти
і науки, молоді та спорту України
як підручник для студентів
металургійних спеціальностей
вищих навчальних закладів*

КИЇВ
«ВИЩА ШКОЛА»
2013

УДК 669.053.4(075.8)

ББК 34.315я73

Н 56

*Гриф надано Міністерством освіти
і науки, молоді та спорту України
(лист від 5 лютого 2013 р. №1111 -1125)*

Рецензенти:

Л. В. Камкіна, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Теорія металургійних процесів і фізична хімія» Національної Металургійної Академії України

В. Д. Барський, доктор технічних наук, професор кафедри «Загальна хімічна технологія» Українського державного хіміко-технологічного університету

В. К. Борисевич, доктор технічних наук, професор кафедри «Технологія металів і авіаційного матеріалознавства», директор Міжнародного науково-дослідного інституту нових технологій і матеріалів Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», лауреат Державних премій України та РМ СРСР, академік Української академії наук та АІН України

Нестеренко Т. М.

Н 56 Теоретичні основи гідрометалургійних процесів: Підручник / Т. М. Нестеренко, І. Ф. Червоний, В. П. Грицай. — К.: Вища шк., 2013. — 408 с: іл.

ISBN 978-966-642-505-1

На базі сучасних уявлень фізичної хімії викладено систематизовані й узагальнені теоретичні основи гідрометалургійних процесів: вилуговування, рідинної екстракції, йонного обміну, осадження тощо. Розглянуто гідромеханічні методи розділення і перемішування в рідкому середовищі, концентрування розчинів випарюванням. Наведено методики експериментальних досліджень основних термодинамічних і кінетичних параметрів та методики технологічних розрахунків гідрометалургійних процесів, розв'язування типових задач. Розглянуто конструкції типових апаратів.

Для студентів металургійних спеціальностей вищих навчальних закладів. Може бути корисним аспірантам, науково-технічним працівникам, фахівцям, які отримують і використовують кольорові метали та сполуки на їх основі.

УДК 669.053.4(075.8)

ББК 34.315я73

ISBN 978-966-642-505-1

© Т. М. Нестеренко, І. Ф. Червоний,
В. П. Грицай, 2013

ЗМІСТ

<i>Вступ</i>	3
1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГІДРОМЕТАЛУРГІЙНИХ ПРОЦЕСІВ	5
1.1. Особливості гідрометалургійних процесів. Технологічна схема гідрометалургійної переробки сировини.....	5
1.2. Матеріальний баланс гідрометалургійного процесу. Витратні коефіцієнти.....	19
1.2.1. Методологія складання матеріальних балансів.....	19
1.2.2. Матеріальний баланс вилуговування бокситів.....	23
<i>Контрольні запитання і завдання</i>	28
2. РОЗЧИНИ ТА ЇХ ВЛАСТИВОСТІ	29
2.1. Дисперсні системи і розчини. Теплові ефекти під час розчинення.....	29
2.2. Способи вираження концентрації компонента в рідких розчинах. Властивості алюмінатних розчинів.....	34
2.3. Фізико-хімічні властивості розчинів.....	44
<i>Контрольні запитання і завдання</i>	54
3. ОСНОВИ ПРОЦЕСІВ ВИЛУГОВУВАННЯ	56
3.1. Класифікація процесів вилуговування.....	56
3.2. Характеристика води як розчинника.....	60
3.3. Гідратація йонів.....	62
3.4. Розчинність солей.....	71
3.5. Термодинаміка процесів вилуговування, що супроводжуються хімічною реакцією.....	80
3.5.1. Зв'язок між витратою реагентів і константою рівноваги.....	80
3.5.2. Експериментальне визначення константи рівноваги.....	85
3.5.3. Методи розрахунку константи рівноваги.....	86
3.5.4. Діаграми потенціал - рН (діаграми Пурбе).....	93
3.5.5. Термодинаміка деяких промислових процесів вилуговування.....	100
3.6. Теоретичні основи кінетики вилуговування. Рівняння потоку вилуговування.....	105
3.7. Закономірності перебігу процесу вилуговування в дифузійних і кінетичній областях.....	109

3.8. Порядок процесу за речовиною. Уявна енергія активації.....	113
3.9. Особливості вилуговування за участю газоподібного реагенту.....	121
3.10. Інтенсифікація процесів вилуговування. Вплив дефектів у кристалічній гратці на кінетику реакцій тверде тіло — рідина.....	122
3.11. Здійснення процесів вилуговування.....	124
<i>Контрольні запитання і завдання</i>	132
4. ПЕРЕМІШУВАННЯ РІДКИХ СЕРЕДОВИЩ	134
4.1. Цілі і показники перемішування.....	134
4.2. Способи перемішування.....	137
4.3. Механічне перемішування розчинів і пульп.....	138
4.4. Розрахунок мішалки.....	142
<i>Контрольні запитання і завдання</i>	148
5. ПРОЦЕСИ РОЗДІЛЕННЯ НЕОДНОРІДНИХ СИСТЕМ	150
5.1. Фільтрування.....	151
5.1.1. Класифікація процесів фільтрування і типи апаратів.....	151
5.1.2. Кількісні закономірності фільтрування.....	159
5.2. Промивання осадів і пульп.....	163
5.3. Відстоювання.....	169
5.3.1. Загальні закономірності відстоювання.....	169
5.3.2. Застосування коагулянтів і флокулянтів при відстоюванні.....	173
5.3.3. Апарати для відстоювання і принципи їх розрахунку.....	175
5.4. Центрифугування.....	178
5.4.1. Відцентрове осадження в неоднорідних рідинних системах.....	178
5.4.2. Класифікація, позначення і принцип дії центрифуг.....	179
5.4.3. Технологічний розрахунок центрифуги.....	186
<i>Контрольні запитання і завдання</i>	194
6. ОСНОВИ РІДИННОЇ ЕКСТРАКЦІЇ	196
6.1. Загальна характеристика рідинної екстракції.....	196
6.2. Класифікація екстрагентів.....	205
6.3. Характеристика нейтральних екстрагентів.....	206
6.4. Закономірності екстракції солей і кислот.....	208
6.5. Види екстракції аніонообмінними екстрагентами.....	211
6.6. Катіонообмінна екстракція та її рівновага.....	212
6.7. Кінетика процесу екстракції.....	217
6.8. Екстрактори і розрахунок процесу екстракції.....	219
<i>Контрольні запитання і завдання</i>	228
7. ЙОНООБМІННІ ПРОЦЕСИ	230
7.1. Загальна характеристика йонообмінних процесів.....	230
7.2. Склад і будова йонообмінних смол.....	233
7.3. Класифікація і основні технологічні характеристики йонітів.....	237
7.4. Особливості йонообмінного процесу.....	244
7.5. Константа рівноваги і селективність йонного обміну.....	247
7.6. Кінетика йонного обміну.....	252

7.7. Здійснення йонообмінного процесу та його розрахунок	262
7.8. Йонообмінна хроматографія	262
<i>Контрольні запитання і завдання</i>	266
8. ВИПАРЮВАННЯ	267
8.1. Призначення, сутність і способи випарювання	267
8.2. Випарні апарати	268
8.2.1. Класифікація випарних апаратів	268
8.2.2. Будова і принцип дії випарних апаратів з природною циркуляцією	273
8.3. Розрахунок випарного апарата. Температурні втрати	277
8.3.1. Матеріальний і тепловий баланси випарювання	277
8.3.2. Площа поверхні теплопередачі випарного апарата	278
8.3.3. Загальна різниця температур. Температурні втрати	279
8.4. Багатокорпусні випарні установки	280
8.4.1. Принцип дії багатокорпусної випарної установки	280
8.4.2. Типові схеми багатокорпусних випарних установок	282
8.4.3. Визначення оптимального числа корпусів багатокорпусної випарної установки	285
8.5. Розрахунок багатокорпусної випарної установки	287
<i>Контрольні запитання і завдання</i>	304
9. ОСНОВИ ПРОЦЕСІВ КРИСТАЛІЗАЦІЇ З РОЗЧИНІВ	306
9.1. Загальні відомості про кристалізацію з розчинів	306
9.2. Термодинаміка кристалізації з розчинів	307
9.3. Швидкість кристалізації	310
9.4. Вплив умов кристалізації на властивості кристалів	314
9.5. Способи кристалізації	315
9.6. Кристалізатори	316
9.7. Розрахунок процесу кристалізації	322
<i>Контрольні запитання і завдання</i>	325
10. ОСНОВИ ПРОЦЕСІВ ВИДІЛЕННЯ МЕТАЛІВ АБО ЇХНІХ СПОЛУК З ВОДНИХ РОЗЧИНІВ	326
10.1. Осадження малорозчинних сполук	326
10.1.1. Кількісні характеристики термодинамічної рівноваги між малорозчинною сполукою і розчином	326
10.1.2. Чинники, що впливають на розчинність солей	329
10.1.3. Умови осадження гідроксидів і основних солей	333
10.1.4. Осадження сульфідів металів	337
10.1.5. Розділення металів і осадження домішок	339
10.2. Виділення металів цементацією	342
10.2.1. Призначення, сутність і особливості цементації	342
10.2.2. Здійснення процесів цементації	349
10.3. Осадження металів і оксидів з розчинів відновленням воднем та іншими газами	350
10.3.1. Призначення, сутність і особливості автоклавного осадження	350

10.3.2. Відновлення воднем.....	351
<i>Контрольні запитання і завдання.....</i>	<i>357</i>
<i>Тестові завдання.....</i>	<i>358</i>
<i>Додатки.....</i>	<i>371</i>
<i>Додаток А. Довідкові матеріали.....</i>	<i>371</i>
<i>Додаток Б. Випарні апарати.....</i>	<i>382</i>
<i>Додаток В. Зразок оформлення креслення випарного апарата.....</i>	<i>390</i>
<i>Предметний покажчик.....</i>	<i>392</i>
<i>Список рекомендованої літератури.....</i>	<i>401</i>