



Навчальний посібник

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«Харківський політехнічний інститут»

СИТАЛИ:
СТРУКТУРА, ВЛАСТИВОСТІ,
ТЕХНОЛОГІЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ

Навчальний посібник
для студентів спеціальності 161
«Хімічна технологія та інженерія»

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 1 від 22.06.2017 р.

Харків
НТУ «ХПІ»
2018

УДК 666.266.6
С41 *

Авторський колектив:

*О. В. Саввова, Л. Л. Брагіна, О. В. Бабіч,
Ю. О. Смирнова, О. І. Фесенко*

Рецензенти:

В. І Голеус, д-р техн. наук, проф., «Український державний
хіміко-технологічний університет»

Я. І Вахула, д-р техн. наук, проф., Національний університет
«Львівська політехніка»

Саввова О. В.

С41* Ситали: структура, властивості, технологія та застосування : навч.
посібник / О. В. Саввова, Л. Л. Брагіна, О. В. Бабіч [та ін.]. - Харків :
НТУ «ХП», 2018.-264 с.

ISBN 978-617-05-0257-5

Викладено історію, сучасний стан та перспективи розвитку склокристалічних матеріалів. Розглянуто теоретичні аспекти процесів кристалізації склоподібних матеріалів та наведено опис особливостей технології одержання ситалів різного фазового складу. Надано характеристику типів склокристалічних матеріалів і можливі галузі їх застосування.

Призначено для студентів, аспірантів ВНЗ хіміко-технологічних спеціальностей та наукових співробітників.

Лл. 15. Табл. 41. Бібліогр.: 354 назв.

УДК 666.266.6

ISBN 978-617-05-0257-5

© Авторський колектив, 2018

ЗМІСТ

Вступ	8
Список скорочень	10
РОЗДІЛ 1. ІСТОРІЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СКЛОКРИСТАЛІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ	11
1.1. Створення та сучасний стан розробок склокристалічних матеріалів.....	11
1.1.1. Склокристалічні матеріали в матеріалознавстві.....	11
1.1.2. Попередники ситалів.....	13
1.2. Основні властивості ситалів і галузі їх застосування.....	18
1.2.1. Класифікація ситалів.....	18
1.2.2. Властивості ситалів.....	21
Контрольні запитання.....	57
Тести для самоконтролю.....	58
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ПРОЦЕСІВ КРИСТАЛІЗАЦІЇ СКЛОПОДІБНИХ ТА СКЛОКРИСТАЛІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ	61
2.1. Кристалізаційна здатність стекел.....	61
2.2. Направлена кристалізація скла.....	64
2.2.1. Утворення центрів кристалізації.....	64
2.2.2. Ріст кристалів.....	69
2.3. Каталізатори кристалізації.....	70
2.3.1. Механізм дії каталізаторів.....	71
2.3.2. Металеві каталізатори.....	72
2.3.3. Оксидні та інші каталізатори.....	74
2.4. Ліквіаційні явища в склоутворюючих системах.....	83
2.4.1. Механізм розшарування.....	83
2.4.2. Роль ліквіації у процесі зародження кристалічної фази.....	84
2.4.3. Макроліквіація.....	90
2.4.4. Мікроліквіація в оксидних системах.....	91
Контрольні запитання.....	94
Тести для самоконтролю.....	95
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ СИТАЛІВ ТА ЇХ ПРОЕКТУВАННЯ	97
3.1. Технологічні стадії одержання ситалів.....	97
3.1.1. Одержання шихти.....	98

3 1.2. Варіння скла.....	98
3 1.3. Формування скла.....	99
3 1.4. Кристалізація скла.....	103
3 1.5. Відпал виробів.....	104
3.2. Проектування ситалів.....	105
3.2.1. Вибір складу.....	105
3.2.2. Вибір каталізатора.....	107
3 2.3. Визначення режиму термообробки при одержанні ситалів.....	108
3.2.4. Визначення режиму термообробки при одержанні ситалів.....	110
3.3. Розрахунок складу ситалів із заданими значеннями властивостей методом Тикачинського.....	117
Контрольні запитання.....	123
Завдання.....	124
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІЧНІ СИТАЛИ.....	127
4.1. Ситали кордієритового складу.....	127
4.1.1. Склад і властивості ситалів кордієритового складу.....	127
4.1.2. Каталізатори кристалізації при отриманні кордієритових ситалів.....	127
4.1.3. Вплив режиму термообробки і в'язкості на кристалізаційну здатність кордієритових ситалів.....	130
4.1.4. Сучасні способи одержання та використання кордієритових ситалів.....	131
4.1.5. Застосування шпінельної, енстатитової і гексацельзіанової склокераміки.....	133
4.2. Ситали сподуменового складу.....	134
4.2.1. Склади і властивості ситалів сподуменового складу.....	134
4.2.2. Вплив каталізаторів на властивості ситалів сподуменового складу.....	135
4.2.3. Галузі застосування сподуменових ситалів.....	138
4.3. Висококремнеземні ситали.....	140
4.4. Свинцевмісні ситали.....	142
4.5. Ситалоцементи.....	143
4.5.1. Свинцевмісні ситалоцементи.....	143
4.5.2. Анортитові ситалоцементи.....	144
4.5.3. Актуальні області застосування ситалоцементів.....	145

4.6.	Прозорі ситали.....	145
4.6.1.	Прозорі ситали у видимій частині спектра.....	146
4.6.2.	Прозорі ситали в інфрачервоній зоні спектра.....	151
4.7.	Ситали, які поглинають нейтрони.....	152
4.8.	Ситали для конденсаторів.....	153
4.8.1.	Ситали для конденсаторів на основі системи BaO - Al ₂ O ₃ - TiO ₂ - SiO ₂	153
4.8.2.	Ситали для конденсаторів на основі стекло системи PbTiO ₃ - PbO - B ₂ O ₃	154
4.8.3.	Ситали для конденсаторів на основі ніобатних і лантаноборогерманатних стекло.....	154
4.8.4.	Барій- та стронційвмісні ситали електроізоляційного призначення.....	155
4.9.	Слюдооклокераміка.....	156
4.10.	Кольорові ситали.....	158
4.10.1.	Суцільне забарвлення.....	158
4.10.2.	Поверхнєве декорування.....	159
4.11.	Фотоситали.....	159
4.11.1.	Основи отримання фотоситалів.....	159
4.11.2.	Фотографічний процес.....	162
4.11.3.	Механізм світлочутливості.....	163
4.12.	Ситали, стійкі до опромінення.....	164
4.12.1.	Ситали, стійкі до жорсткого іонізуючого опромінення.....	164
4.12.2.	Ситали, стійкі до електромагнітного опромінення.....	165
4.12.3.	Ситали, стійкі до мікрохвильового опромінення.....	165
4.13.	Воластонітові ситали.....	166
4.13.1.	Високомісні воластонітові ситали.....	166
4.13.2.	Воластонітвмісні ситали медичного призначення.....	168
4.13.3.	Декоративні воластонітові склокристалічні матеріали.....	168
4.14.	Пінооклокераміка.....	169
4.14.1.	Способи отримання піноскла.....	169
4.14.2.	Особливості технології отримання пінооклокераміки.....	170
4.14.3.	Пориста склокераміка на основі відходів.....	173
4.15.	Карбідокремнієва склокераміка.....	174
4.16.	Феромагнітна склокераміка.....	174

4.17.	Функціонально-градієнтні склокерамічні матеріали.....	175
4.18.	Склокерамічні композиційні матеріали, зміцнені волокнами SiC.....	176
4.19.	Цинквісна склокераміка.....	177
4.20.	Кальційфосфатна склокераміка.....	178
4.21.	Склокераміка, яка містить рідкоземельні елементи.....	179
4.22.	Високовогнетривкі ситали.....	179
	Контрольні запитання.....	179
	Тести для самоконтролю.....	181
РОЗДІЛ 5. СИТАЛИ НА ОСНОВІ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ		
I ГІРСЬКИХ ПОРІД.....		
5.1.	Загальні положення синтезу ситалів на основі промислових відходів і гірських порід.....	183
5.1.1.	Основні види ситалів на основі промислових відходів і гірських порід.....	183
5.1.2.	Вимоги до складу стекел і технологічних особливостей одержання шлако- і петроситалів.....	185
5.2.	Шлакоситали.....	186
5.2.1.	Види і характеристика шлаків, які використовуються при отриманні шлакоситалів.....	186
5.2.2.	Основні напрямки розвитку та розробки шлакоситалів.....	187
5.2.3.	Сучасні способи підвищення технологічних властивостей шлакоситалів.....	192
5.2.4.	Основні галузі застосування шлакоситалів.....	194
5.3.	Золоситали.....	198
5.3.1.	Характеристика паливних шлаків і зол, які використовуються при отриманні золоситалів.....	198
5.3.2.	Перспективні напрямки синтезу золоситалів.....	199
5.3.3.	Вплив структурних та технологічних факторів на фізико- хімічні властивості золоситалів.....	201
5.4.	Петроситали.....	202
5.4.1.	Петроситали на основі вивержених порід.....	203
5.4.2.	Петроситали на основі осадових і метаморфічних порід.....	208
5.4.3.	Застосування кам'яного лиття при отриманні петроситалів.....	213

5.5. Склокераміка з відходів виробництва цементу.....	214
5.6. Склокераміка з використанням гальванічного шламу.....	215
5.7. Склокераміка на основі відходів виробництва скла.....	215
5.8. Склокераміка для іммобілізації радіоактивних відходів.....	217
5.8.1. Критерії вибору скла і кераміки для іммобілізації радіоактивних відходів.....	217
5.8.2. Оскловані відходи.....	218
5.8.3. Застосування склокераміки, керметів при осклюванні радіоактивних відходів.....	222
Контрольні запитання.....	225
Тести для самоконтролю.....	226
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	232