

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В. Н. КАРАЗІНА

ХІМІЧНА КОРОЗІЯ ТА ЗАХИСТ МЕТАЛІВ

Навчальний посібник

Харків – 2020

УДК 620.197
Х 46

Рецензенти:

Кіндрачук М. В. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри машинознавства Національного авіаційного університету, м. Київ, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (2017 р.);

Федірко В. М. – член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук, професор, головний науковий співробітник відділу високотемпературної міцності конструкційних матеріалів у газових і рідкометалевих середовищах Фізико-механічного інституту імені Г. В. Карпенка НАН України, м. Львів;

Пітак Я. М. – доктор технічних наук, професор, професор кафедри технології кераміки, скла та емалей Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків.

*Затверджено до друку рішенням Вченої ради
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
(протокол № 6 від 29 травня 2018 р.)*

Х 46 **Хімічна корозія та захист металів** : навчальний посібник / П. І. Стоєв, С. В. Литовченко, І. О. Гірка, В. Т. Грицина. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. – 216 с.

ISBN 978-966-285-548-7

У навчальному посібнику розглянуто питання теорії хімічної корозії металів, описано механізми протікання процесів хімічної корозії і корозійну поведінку основних конструкційних металів і сплавів. Детально проаналізовано вплив різних чинників (зовнішніх і внутрішніх) на корозійні процеси. Викладено принципи боротьби з хімічною корозією і методи захисту металів від корозійного руйнування. Розглянуто можливості використання ЕОМ для діагностики корозії і прогнозування процесів корозії в металах.

Навчальний посібник призначений для студентів старших курсів природничих спеціальностей вищих навчальних закладів та аспірантів, а також для всіх бажаючих вивчити курс «Корозія металів і захисні покриття».

УДК 620.197

ISBN 978-966-285-548-7

© Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2020

© Стоєв П. І., Литовченко С. В., Гірка І. О., Грицина В. Т., 2020

© Мазілін Б. О., макет обкладинки, 2020

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	6
Розділ 1. НАУКА ПРО КОРОЗІЮ МЕТАЛІВ	8
1.1. Вступ	8
1.2. Визначення корозії металів	9
1.3. Практичні приклади боротьби з корозією металів.....	11
1.4. Економічна оцінка корозії металів	12
1.5. Етапи розвитку науки про корозію металів	15
1.6. Термодинаміка та кінетика корозійних процесів	18
1.7. Класифікація корозійних процесів	22
1.8. Основні дані про будову твердих тіл.....	28
1.8.1. Йонний зв'язок.....	28
1.8.2. Атомний зв'язок.....	30
1.8.3. Металевий зв'язок	30
1.8.4. Молекулярний зв'язок.....	32
1.8.5. Структура металів і її вплив на корозійні процеси.....	35
1.8.6. Електричні особливості металів	40
1.9. Основні відомості про електроліти.....	42
1.9.1. Електролітична дисоціація.....	42
1.9.2. Гідратація	43
1.9.3. Водневий показник (рН)	44
1.9.4. Електропровідність.....	45
Контрольні питання до розділу 1	46
Розділ 2. ХІМІЧНА КОРОЗІЯ МЕТАЛІВ	48
2.1. Термодинаміка хімічної корозії металів	50
2.2. Окислення металів за високих температур	53
2.3. Поняття про захисну плівку	55
2.4. Показники хімічної корозії.....	56
2.5. Плівки на металах	58
2.5.1. Загальні поняття про адсорбцію	58
2.5.2. Адсорбція окислювачів на поверхні металу.....	62
2.5.3. Утворення зародків оксидної плівки. Зростання оксидної плівки.....	64
2.5.4. Класифікація плівок на металах за товщиною	67
2.5.5. Умова суцільності плівок на металах	68
2.6. Закони зростання плівок на металі	70
2.6.1. Лінійний закон зростання плівок	70
2.6.2. Параболічний закон зростання плівок	74

2.6.3. Більш складний закон для початкових періодів зростання плівки	77
2.6.4. Логарифмічний закон зростання плівок	79
2.6.5. Об'єднана крива окислення металів	80
2.6.6. Механічне руйнування оксидних плівок в процесі їхнього зростання.....	82
Контрольні питання до розділу 2.....	85
Розділ 3. МЕХАНІЗМ ХІМІЧНОГО ОКИСЛЕННЯ МЕТАЛІВ.....	87
3.1. Напрямок дифузії в плівках. Дослід Вагнера	87
3.2. Йонно-електронний механізм окислення металів	89
3.2.1. Зона зростання плівки при окисленні металу	89
3.2.2. Механізм дифузії в захисній плівці.....	91
3.3. Йонно-електронна теорія окислення металів	94
3.4. Хімічна корозія металів у рідких середовищах.....	100
3.4.1. Корозія металів у рідких неелектролітах.....	101
3.4.2. Корозія в рідкому паливі.....	103
3.4.3. Руйнування металів у рідкометалевих середовищах.....	104
3.4.4. Взаємодія твердих металів із домішками в рідкому металі....	105
Контрольні питання до розділу 3.....	107
Розділ 4. ВПЛИВ ЗОВНІШНІХ І ВНУТРІШНІХ ФАКТОРІВ НА ХІМІЧНУ КОРОЗІЮ МЕТАЛІВ	108
4.1. Газова корозія заліза та сталі	108
4.2. Газова корозія кольорових металів і сплавів	109
4.2.1. Газова корозія міді та її сплавів.....	109
4.2.2. Окислення та жаростійкість магнію	111
4.2.3. Окислення та жаростійкість алюмінію	112
4.2.4. Окислення та жаростійкість титану	112
4.2.5. Окислення та жаростійкість цирконію	113
4.3. Вплив зовнішніх і внутрішніх факторів на хімічну корозію.....	113
4.3.1. Вплив температури	114
4.3.2. Вплив складу газового середовища	117
4.3.3. Вплив тиску газового середовища	123
4.3.4. Вплив швидкості газового потоку	124
4.3.5. Вплив режиму нагрівання на корозію.....	125
4.3.6. Вплив на корозію хімічного складу сплаву.....	125
4.3.7. Вплив кристалічної структури металу на корозію	127
4.3.8. Вплив механічної дії (деформації металу) на корозію	129
4.3.9. Вплив стану поверхні металу та її попередньої обробки на корозію.....	129
Контрольні питання до розділу 4.....	131

Розділ 5. МЕТОДИ ЗАХИСТУ МЕТАЛІВ

ВІД ГАЗОВОЇ КОРОЗІЇ	133
5.1. Теорія жаростійкого легування.....	134
5.2. Захисні покриття	140
5.2.1. Металеві покриття	142
5.2.1.1. Металізація (металування) наварюванням чи порошковими технологіями	143
5.2.1.2. Гарячий метод	145
5.2.1.3. Плакування.....	147
5.2.1.4. Металізація розпиленням (газотермічне напилення)	149
5.2.1.5. Термодифузійне насичення.....	156
5.2.2. Неметалеві покриття.....	160
5.2.2.1. Емалеві покриття.....	161
5.2.2.2. Покриття з тугоплавких сполук	164
5.2.2.3. Металокерамічні покриття	174
5.3. Захисні атмосфери.....	181
5.3.1. Захисні атмосфери для сталей	182
5.3.2. Захисні атмосфери для кольорових металів	187
5.4. Методи зменшення окислення металів	188
5.4.1. Спалювання палива з недоліком повітря.....	189
5.4.2. Полегшення утворення на металі захисних плівок	189
5.4.3. Створення захисної газової завіси.....	190
5.4.4. Нагрівання в печах з герметичним муфелем.....	190
5.4.5. Нагрівання в рідких середовищах	191
5.4.6. Індукційне нагрівання	191
5.4.7. Прискорення нагрівання та охолодження	191
5.4.8. Застосування тимчасових захисних покриттів і обмазок.....	192
5.4.9. Обробка корозійного середовища.....	193
5.5. Електрохімічний захист металів	194
5.6. Діагностика корозії	196
5.6.1. Задачі діагностики.....	196
5.6.2. Оцінка корозійної стійкості металів	197
5.6.3. Математичне моделювання корозії.....	199
5.6.4. Прогнозування корозії з застосуванням ЕОМ.....	201
Контрольні питання до розділу 5	203
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК	206
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	209
Тематичне спрямування рекомендованої літератури	212
Перелік посилань	212