

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

І. М. ЛАПТЄВ, О. О. ПАРХОМЕНКО

**ВАКАНСІЇ, МАРТЕНСИТНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ
І РЕСУРС ЯДЕРНИХ РЕАКТОРІВ**

Монографія

Харків – 2018

Рецензенти:

І. І. Папиров – доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач лабораторії Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України;

М. Я. Рохманов – доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри загальної фізики Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва;

О. В. Соболев – доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри металознавства Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» МОН України.

*Затверджено до друку рішенням Вченої ради
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
(протокол № 5 від 27.04.2018 р.)*

Л 24 **Лаптев І. М.** Вакансії, мартенситні перетворення і ресурс ядерних реакторів : монографія / І. М. Лаптев, О. О. Пархоменко. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2018. – 168 с.

ISBN 978-966-285-553-1

У монографії наведено нові уявлення, які стосуються як «класичного» матеріалознавства взагалі (положення у гратці та роль вуглецю у мартенситних перетвореннях, оригінальний механізм утворення вакансій, модель крихкого руйнування ОЦК-металів та сплавів), так і найбільш актуальних питань реакторного матеріалознавства щодо природи радіаційного зміцнення та крихкості реакторних матеріалів. Ці уявлення автори об'єднали під назвою «метод фазових діаграм мартенситних перетворень». На основі методу запропоновано новий підхід до прогнозування ресурсу ядерних реакторів без використання зразків-свідків, який базується на вимірі ступеня тетрагональності кристалічної гратки корпусної сталі. Отримані результати стосуються всіх можливих структурних рівнів процесів еволюції матеріалів під опроміненням – від нано- до макроструктурного рівня, що відповідає сучасному синергетичному підходу у матеріалознавстві.

Для студентів, аспірантів та наукових співробітників, які працюють у галузі атомного матеріалознавства та фізики твердого тіла.

УДК 621.039

ISBN 978-966-285-553-1

© Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2018

© Лаптев І. М., Пархоменко О. О., 2018

© Правик М. В., макет обкладинки, 2018

ЗМІСТ

Передмова.....	5
РОЗДІЛ 1. Фазові перетворення і крихкість системи «залізо – вакансії» в полях пружної напруги	10
1.1. Вступ	10
1.2. Принципи побудови петлі гістерезису	12
1.3. Побудова температурно-силового поля	14
1.4. Властивості петлі.....	17
1.5. Результати досліджень та їх обговорення.....	20
1.5.1. Складові температурно-силового поля	25
1.5.2. Граничні умови	25
1.5.3. Критичні точки рівноваги. Деформації, розщеплювання й виродження петель гістерезису	27
1.5.4. Крихкість і надпластичність	31
1.5.5. Визначення температури крихко-в'язкого переходу	33
1.5.6. Деформація петель в сталях. Вплив легування.....	37
1.5.7. Порівняння результатів модельних розрахунків з експериментальними даними	41
1.6. Висновки до розділу 1	45
РОЗДІЛ 2. Фазові перетворення, пороутворення і крихкість опроміюваних матеріалів.....	47
2.1. «Парадокс» пороутворення (зародження).....	47
2.2. Енергія утворення вакансій при зворотних мартенситних перетвореннях	55
2.2.1. «До питання про природу тетрагона мартенситу»	59
2.3. Дуалізм природи вакансій і хвилева природа мартенситних перетворень.....	65
2.3.1. Атомна перебудова ґрат під дією напруги в залізі	67
2.3.2. Залежність величин напруги від температури початку мартенситних перетворень	69
2.4. Про новий підхід до опису фазових перетворень і крихкості нерівноважних систем	72
2.5. Фазові перетворення в низькоенергетичних каскадах зміщень	84
2.6. Висновки до розділу 2.....	88

РОЗДІЛ 3. Нерівноважні структурні зміни та радіаційне окрихчення

корпусних сталей	90
3.1. Вступ	90
3.2. Прискорення радіаційного окрихчення при великих дозах	92
3.3. Структурні дослідження мартенситних перетворень і зміна магнітних характеристик реакторних сталей під опроміненням	95
3.4. Використання ядерно-фізичних методів для визначення дефектів	100
3.5. Метод фазових діаграм мартенситних перетворень і застосування його для визначення температури крихко-в'язкого переходу	101
3.6. Основна умова прояву крихкості	105
3.7. Експериментальне спостереження процесу виникнення і поширення крихкої тріщини	106
3.8. Утворення мартенситу – хвильовий процес	109
3.9. Відповідність моделі ФДМП теоретичним уявленням про крихкість і довготривалу міцність ОЦК металів і сплавів	111
3.10. Концепція «тихого розтріскування»	119
3.11. Масштабний чинник і напружений стан	122
3.12. Механізми руйнування феритних і аустенітних сталей	124
3.13. Застосування методу ФДМП для прогнозу окрихчення корпусу	126
3.14. Висновки до розділу 3	132

РОЗДІЛ 4. Пошук перспективних конструкційних матеріалів**з використанням методу ФДМП і місце методу ФДМП**

у загальнофізичному уявленні	135
4.1. Прекурсорні стани	135
4.2. Мартенситні межі і радіаційні пошкодження матеріалів	139
4.3. Фазові мартенситні перетворення у покриттях з високоентропійних сплавів	141
4.4. Обговорення найбільш важливих моментів роботи	143
4.4.1. До питання особливостей спрямованості МФДМП	143
4.4.2. Про математичний платонізм, визначення поняття «відкриття» і МФДМП	144
4.4.3. До питання про величини напруги на діаграмі МФДМП	144
4.4.4. До питання про використання методу ФДМП для аналізу впливу опромінення на температуру початку мартенситних перетворень	145

Підсумки

Філософське значення

Нові уявлення щодо природи мартенситних фазових перетворень

Цитована література