

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Косогор Анни Олексіївни “Теорія фероеластичних фазових переходів у кристалах з дефектами”, представлену на здобуття вченого ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика

У дисертаційній роботі А.О. Косогор вперше побудована термодинамічна теорія для кількісного розрахунку фізичних ефектів, пов’язаних з фероеластичними фазовими переходами у реальних кристалах з дефектами. Під реальними кристалами мається на увазі, по-перше, врахування кількісних характеристик, притаманних найбільш досліджувальним сплавам та, по-друге, врахування існування в цих сплавах кристалічних дефектів. У дисертації досліджені мартенситні перетворення у сплавах з ефектом пам’яті форми та фазові переходи в системі водень-метал. *Актуальність* даної роботи зумовлена унікальними фізичними ефектами, що супроводжують мартенситні перетворення. Зокрема, мартенситним сплавам притаманний ефект пам’яті форми, велетенської магнітоіндукованої деформації та ефект надпружної деформації. Ці фізичні ефекти зумовлюють широке використання сплавів з ефектом пам’яті форми в інженерії та медицині. Проте виявилось, що властивості мартенситних сплавів значно змінюються через наявність в них кристалічних дефектів. Таким чином задача про кількісний опис впливу дефектів на сплави з ефектом пам’яті форми має величезний *практичний значення* з огляду на численні прикладні застосування цих сплавів.

В роботі проведені чисельні розрахунки, які базуються на розкладенні термодинамічного потенціалу за ступенями багатокомпонентного параметру порядку. Визначною особливістю даної роботи є те, що коефіцієнти розкладу енергії по параметрам порядку були пов’язані з експериментально вимірюємими величинами, що характеризують мартенситні перетворення (МП). Особливо слід відзначити, що більшість публікацій матеріалів дисертації зроблені у співавторстві з експериментаторами з: Уппсальским університетом (Швеція), Університету Країни Басків (Іспанія), Університетом Балеарських островів (Іспанія), Університетом Тохоку (Японія). Було продемонстровано кількісне узгодження теоретичних результатів з наявними експериментальними даними. У такий спосіб забезпечена *достовірність* результатів дисертації.

Дисертаційна робота складається зі вступу, сімох розділів, загальних висновків та списку використаних літературних джерел, що налічує 303 посилань. Загальний обсяг дисертації складає 309 сторінок, 9 таблиць та 80 рисунків.

В дисертаційній роботі А.О. Косогор отримані наступні нові результати:

1. Виявлено два режими деформаційної поведінки сплавів з ефектом пам'яті форми (СЕПФ): режиму, притаманному фазовому переходу першого роду зі значним гістерезисом, та режиму нелінійної деформації з малим гістерезисом.

2. Показано, що доцільно синтезувати СЕПФ з низькими значеннями пружного модуля для спостереження великих деформацій з малим гістерезисом.

3. Показано, що старіння мартенситу збільшує модуль Юнга, що призводить до зменшення звичайної магнітострикції та пригнічення переорієнтації мартенситу. В той час як магніто-термо-механічне циклування зменшує модуль Юнга, що призводить до збільшення звичайної магнітострикції і сприяє магніто-індукованій переорієнтації мартенситу.

4. Показано, що зміна об'єму при мартенситному перетворенні, яку вважають малим ефектом порівняно з деформацією МП, значно впливає на функціональні властивості СЕПФ.

5. Теорія фазових переходів у кристалах з дефектами адаптована для опису фазових переходів водню в об'ємних зразках та тонких плівках металів. Вперше показано, що критична температура фазового перетворення водню зменшується експоненціально при збільшенні механічного напруження.

6. Запропонований метод розрахунку гігантського магнітокалоричного ефекту в сплавах з магнітоструктурним фазовим переходом першого роду та показане кількісне узгодження між результатами теоретичного моделювання та експериментальними даними.

До дисертаційної роботи Косогор А.О. можна зробити наступні зауваження:

1. Мало уваги приділено поясненню ключового принципу *symmetry-conforming short-range order*, опублікованого в роботі Ren, X., & Otsuka, K. *Nature*, 389, 579 (1997), на базі якого у дисертації було побудовано теорію. Детальне пояснення цього принципу було б корисним для більш повного розуміння дисертації.

2. В дисертації вперше був отриманий той важливий факт, що звичайна магнітострикція сплаву з ефектом пам'яті форми можна зменшується при старінні мартенситу завдяки збільшенню пружного модуля мартенситу при його старінні, в той час як термомеханічне циклування сплаву приводить до зменшення пружного модуля і до відповідного збільшення величини звичайної магнітострикції. Цей факт має велике практичне значення, проте в дисертації недостатньо зрозуміло пояснений механізм впливу термомеханічного циклування на пружний модуль.

3. В дисертації не визначено, які саме дефекти можна описувати в рамках розробленої теоретичної моделі. Не зрозуміло, чи можна за результатами розробленої теорії моделювати вплив дефектів пакування, дислокацій або двійників, чи йдеться виключно про точкові дефекти?

4. У другому розділі дисертації, де закладені основи теорії для опису фазових перетворень у кристалах з дефектами, представлений вираз для вільної енергії кристалу з дефектами (2.4). Цей вираз містить квадратичні доданки по реконфігураційному параметру порядку η , але не містить кубічних та біквадратних доданків по η , в той час як пружна енергія [вираз (1.4)] містить квадратичні, кубічні та біквадратні доданки по деформаційному параметру порядку u . З огляду на твердження про трансформаційну еквівалентність двох параметрів порядку (конфігураційного та деформаційного), нехтування кубічних та біквадратних доданків по η виглядає непослідовно.

Зазначені зауваження не знижують наукової цінності дисертації Косогор А.О. Обсяг і рівень проведених наукових досліджень та якість їх викладення беззаперечно свідчать про високу наукову кваліфікацію автора. Автореферат повністю відображує зміст дисертації. Результати, представлені в дисертаційній роботі, у повному обсязі відображені у 21 статтях, опублікованих у відповідних наукових журналах і представлені на 9 наукових конференціях.

В цілому, дисертаційна робота цілком задовольняє сучасним вимогам до докторських дисертацій, а її автор, Анна Олексіївна Косогор, заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю теоретична фізика.

Провідний науковий співробітник
Факультету фізики та астрономії
Університету Порто (м. Порто, Португалія)
доктор фіз.-мат. наук



Г.М. Каказей

Підпис провідного наукового співробітника
Факультету фізики та астрономії Університету Порто
доктора фіз.-мат. наук Каказея Г.М. засвідчую
Президент
Факультету фізики та астрономії Університету Порто
професор

