Моделі опису мартенсітних перетворень низьковуглецевих легованих сталей

Бєлих Д. Г. (проф. Ткаченко В. І.)

Теорія фазових переходів (ФП) в кристалічних середовищах вперше запропонована Ландау в роботі [1]. У цій теорії для кількісного опису зміни симетрії було введено поняття параметра порядку (ПП), в якості якого обрано величина, лінійно перетвориться під дією групи симетрії середовища. Цей феноменологічний підхід, що полягає в припущенні про можливість розкладання термодинамічних потенціалів в ряд за ступенями ПП, дозволив описати зміна теплоємності поблизу температури фазового перетворення.

Пов'язані зі зміною симетрії кристалічних решіток металів і сплавів ФП спостерігаються також при термічній обробці сталей.

Так, наприклад, в процесі охолодження вуглецевої сталі, що знаходиться в  - фазі і характеризується як аустеніт, відбувається її структурне перетворення, пов'язане зі зміною симетрії кристалічної решітки. ГЦК симетрія  - фази переходить в нову, міцнішу  - фазу з симетрією ОЦТ, іменовану мартенсит [2]. Таке ФП називається прямим мартенситним перетворенням (ПМП).

Для опису ПМП металів і сплавів на основі феноменологічної теорії Ландау в якості ПП використовується така термодинамічна величина, як деформація зсуву [3]. В цьому випадку розкладання вільної енергії Гіббса здійснюється за ступенями цієї величини. Однак, в деяких випадках, таке розкладання не описує експериментальні результати [4]. Отже проблема вибору виду ПП є досить складним завданням через досить широкий набір кандидатів на цю роль (амплітуда зміщення атомів, амплітуда хвиль зарядової щільності, амплітуда стрікції, тощо) [3].

Інший підхід в описі ПМП полягає в використанні рішення задачі кристалізації речовини, яке при деяких загальних припущеннях вперше отримано Колмогоровим [5], а в більш загальному вигляді трьохвимірного зародження і росту нової фази - Аврамі [6]. Зокрема, в роботі [6] вказано, що частка перетвореного об'єму  визначається виразом: , де  - час кристалізації,  - кінетичні коефіцієнти. До речі, рівняння Аврамі має універсальний вигляд, оскільки при  переходить в рівняння Колмогорова.

Однак розрахунки кінетики фазових перетворень, засновані на рівняннях Колмогорова-Аврамі, не завжди призводять до правильних результатів, тому що в ході ФП значення  дискретно змінюються, залежать від вмісту вуглецю і, можливо, температури аустенітізації [7].

Описані вище складності вибору виду ПП та розбіжності теоретичного опису ПМП і експериментальних даних вимагають подальшого пошуку теоретичних моделей, які б більш адекватно описували ФП в металах і сплавах.

В роботі запропоновано засновану на фізиці індукованих явищ модель опису ФП в кристалічних середовищах.

Література

1. Ландау Л.Д. К теории фазовых переходов / Л.Д. Ландау // ЖЭТФ. – 1937. – Т. 7. – С. 19 – 32. 2. Гуляев А.П. Металловедение / А.П. Гуляев. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с. 3. Коваль Ю.Н. Деформационные и релаксационные явления при превращениях мартенситного типа / Ю.Н. Коваль, В.А. Лободюк. – К.: Наукова Думка, 2010. – 288 с. 4. Эстрин Э.И. Устойчивость решетки и мартенситные превращения / Э.И. Эстрин // В кн. Мартенситные превращения. – К.: Наук. думка, 1980. – 29 с. 5. Колмогоров А.Н. К статистической теории кристаллизации металлов / А.Н. Колмогоров // Изв. АН СССР. Сер. матем. – 1937. – Т. 1. – Вып 3. – С. 355 –359. 6. Кристиан Дж. Теория превращений в металлах и сплавах / Дж. Кристиан. – Ч. 1. – М.: Мир, 1978. – 806 с. 7. Мирзаев Д.А. Превращение аустенита сталей в условиях непрерывного охлаждения. / Д.А. Мирзаев, К.Ю. Окишев, К.Д. Мирзаева // Известия Челябинского научного центра. Информатика и информационные системы. – 2002. – Вып. 4 (17). – С. 21 – 30.