

В.П. Головка¹, С.О. Пономарьова², Ю.М. Коваль, Є.О. Дроц

Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова Національної Академії наук України,
Україна, Київ, бульвар Академіка Вернадського, 36
E-mail: ¹v_holovko@bigmir.net, ²sveta.ponomaryova@gmail.com

ЯВИЩЕ ВИДІЛЕННЯ СИГНАЛІВ ТЕРМО-ЕРС ПРИ ПРЯМОМУ МАРТЕНСИТНОМУ ПЕРЕТВОРЕННІ У СИСТЕМІ Fe-Ni

Зацікавленість мартенситними перетвореннями (МП) постійно зростає. Це можна пояснити тим, що сплави на основі заліза залишаються основними при виробництві техніки і устаткування. Вони мають ряд цікавих властивостей: ефект пам'яті форми (ЕПФ), термопружність, високу демпфуючу здатність, які використовуються для створення специфічних матеріалів для устаткування. Експериментально авторами робіт [1-6] було виявлено появу сигналів термо-ерс при прямому мартенситному перетворенні з вибуховою кінетикою. Дана робота – це більш детальне дослідження природи появи термоелектричних сигналів при прямому фазовому перетворенні мартенситного типу.

Заинтересованность мартенситными превращениями (МП) постоянно растет. Это можно объяснить тем, что сплавы на основе железа остаются основными при производстве техники и оборудования. Они имеют ряд интересных свойств: эффект памяти формы (ЕПФ), термоупругость, высокую демпфирующую способность, которые используются для создания специфических материалов для оборудования. Экспериментально авторами работ [1-6] было обнаружено появление сигналов термо-эдс при прямом мартенситном превращении с взрывной кинетикой. Данная работа – это более детальное исследование природы появления термоэлектрических сигналов при прямом фазовом превращении мартенситного типа.

Interest in martensitic transformations (MT) constantly grows. It can be explained that iron based alloys remain basic in production of technique and equipment. They have number of interesting properties. Among them are shape memory effect (SME), thermoelasticity, high damping ability, which are used in production of specific materials for equipment. By the authors of works [1-6] there was experimentally found appearance signals of the electric driving force at direct martensitic transformation with burst kinetics. The following work is more detailed research the nature of appearance thermoelectric signals at direct martensitic transformation.

Ключові слова: мартенсит, термо-ерс, дротовий зразок.

Явище прямого перетворення тепла в електрику у твердих і рідких провідниках, яке називають термоелектрикою, відоме дуже давно.

Електрорушійна сила виникає у багатьох сплавах при створенні відповідних контактів різнорідних металів. Така ж ситуація фактично складається при бездифузійних мартенситних перетвореннях, при з'єднанні матеріалів однакового складу, але з різними кристалічними структурами, якщо межі поділу між високо- та низькотемпературними фазами знаходяться за різних температурних умов.

Експериментально зафіксовані випадки появи струму при бездифузійних

мартенситних перетвореннях (роботи Коваль Ю.М., Молін А.І. [1,7] та Робін М., Лорманд Г., Гобін П. [2,8,9]). Так, у своїй роботі Коваль Ю.М., Молін А.І. [1], досліджуючи сплав Fe-31-32 мас. % Ni за умов наявності градієнту температур для різних ділянок зразка, виявили імпульси ЕРС при вибуховому мартенситному перетворенні. При даних фазових перетвореннях склад залишається сталим, але відбуваються певні процеси, які приводять до появи ЕРС. Автори робіт [2, 3], досліджуючи сплав Fe-Ni, виявили стрибкоподібну зміну сили струму і збільшення опору при пропусканні постійного електричного струму внаслідок реалізації вибухового МП. Експерименти ж зі зразками того ж сплаву без пропускання електричного струму виявили сигнали, які подібні з результатами роботи [4].

Спостереження появи сигналів при прямому мартенситному перетворенні призводить до виникнення питання стосовно того, чи можуть виникати сигнали при оберненому МП. Так як сигнали ерс фіксуються при вибуховому мартенситному перетворенні, то необхідно було створити аналогічні умови і для оберненого мартенситного перетворення. Швидкість нагріву має бути достатньо високою для їх забезпечення.

Для дослідження було обрано систему Fe-Ni. Зливки для дослідження вагою 30 г виплавляли з губчастого заліза, нікелю, та ніобію в індукційній печі в середовищі аргону. Склад сплавів наведено у таблиці 1.

Таблиця 1.

Склад сплаву

№ сплаву	Склад, мас %		
	Fe	Ni	Nb
1	69	31	-
2	68	32	-
4	69,22	29,8	0,98

Перші три зливки (відповідно до таблиці 1) було відковано для усереднення складу, після чого з середньої частини кожного, були випилані по два зразки розміром $2 \times 1,5 \times 50$ мм. Підготовлені таким чином зразки були піддані гомогенізуючому відпалюванню при 1100 К протягом однієї години. Потім температуру печі зі зразками було доведено 1273 К. З цієї температури зразки зміцнювалися у воді. Після зміцнення вони були відшліфовані. Занурення в азот призвело до появи на відшліфованій поверхні рельєфу, характерного для мартенситного перетворення. Зливки протягувалися в дріт діаметром 0,5 мм, потім піддавалися відпалюванню при температурі 1273 К у вакуумі з подальшим зануренням в азот.

Визначення характеристикних температур МП здійснювалось дилатометричним методом та за допомогою резистометрії при нагріванні та охолодженні.

Характеристичні точки сплавів наведені в таблиці 2.

При вимірюванні сигналів ерс зразки безпосередньо підключалися до реєструючого приладу. Реєструючими пристроями виступали двохкоординатний самописець Н – 307 та осцилограф С1-93. В середній частині зразка була приварена хромель-копелева термопара. Загальна схема методу вимірювання наведена на рис. 1.

Таблиця 2.

Характеристичні точки для сплавів при мартенситному перетворенні

№ сплаву	M_s, K	A_s, K
1	223	548
2	193	543
3	203	563

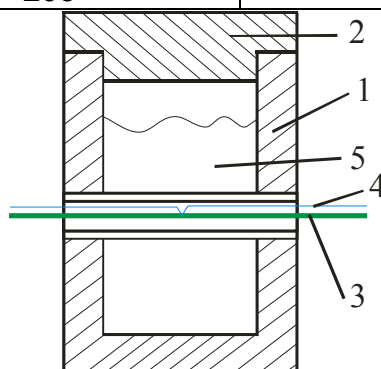


Рис. 1. Схема розміщення дротового зразка при дослідженні прямого мартенситного перетворення: 1 – термоізолювана ємність, 2 – термоізолююча кришка, 3 – досліджувана проволочка, 4 – термопара, 5 – охолоджуюча рідина .

Дріт довжиною 15 см був поміщений у кварцову трубку, яку вмонтували до термоізолюваної ємності. Ємність ізолювали від зовнішнього впливу за допомогою термоізолюючої кришки. Зразок був розташований по центру трубки таким чином, щоб ліквідувати можливу появу градієнту температури всередині трубки. До середньої частини зразка приварювалася хромель-копелева термопара, до країв зразків - потенціометричні провідники. Схема розміщення дроту приведена на рис. 1. При дослідженні важливо досить точно дотримуватися потрібної швидкості охолодження. Вона повинна бути достатньо малою, щоб система встигала повністю зрівноважитись. Вдалося досягнути швидкості охолодження у 3° за хвилину.

На рис. 2 приведена залежність зміни ерс, що виникає на кінцях зразка зі сплаву Fe – Ni різного вмісту Ni при повільному охолодженні. Перший викид для кожного сплаву фіксується при температурі початку мартенситного переходу. При подальшому охолодженні полярність сигналу періодично змінюється, але величина сигналу залишається майже незмінною.

Основна причина появи ерс на кінцях зразка, в якому реалізується вибухове МП, пов'язана з виділенням теплоти перетворення. Виділення тепла при перетворенні приводить до появи градієнту температур в матриці, яка оточує кристал мартенситу. Швидкість росту мартенситної фази досягає 1/3 швидкості звуку [5]. З цієї причини все тепло не встигає відводитись від фронту перетворення. Внаслідок цього локальна температура місця зразка, в якому пройшло перетворення відрізняється від температури навколишнього середовища [6], тобто у матеріалі виникає градієнт температури, через який можлива поява ерс.

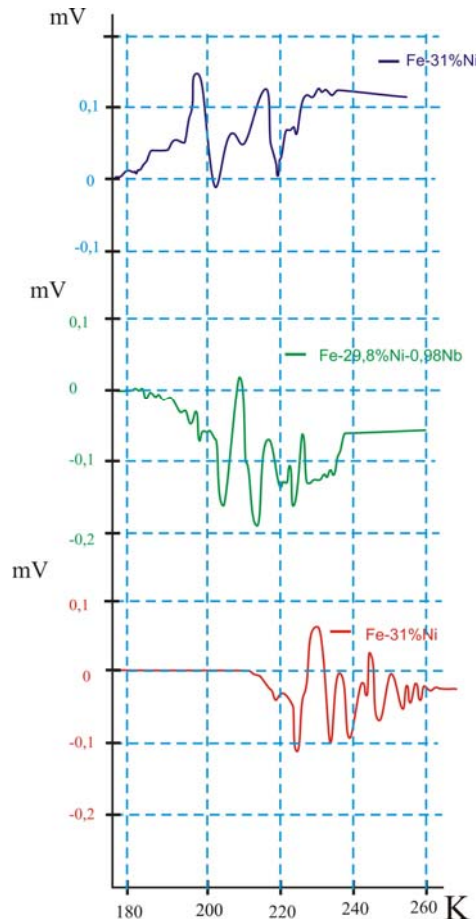


Рис. 2. Імпульси термо-ерс які виникають при мартенситному перетворенні у дрових зразках для сплавів а) Fe – 31мас.% Ni, б) Fe – 32 мас.% Ni та в) Fe – 29,8мас.% Ni-0,98 мас. % Nb.

1. Коваль Ю.Н., Молин А.И. Возникновение электродвижущей силы в сплавах Fe - Ni при $\gamma \leftrightarrow \alpha$ превращений.- ФММ, 1980, т. 50, вып. 2.
2. Robin M., Lormand G., Gobin P.F. Etude amplification electronique rapid de la propagation de la martensite dans un alliage Fer-Nickel. – J. de Phys.,1977, 11, p.669-674.
3. Коваль Ю.Н. Эффект памяти формы и характеристики мартенситного превращения в сплавах на основе железа и на основе меди.- Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, (на правах рукописи). - К.: 1985
4. Коваль Ю.Н., Молин А.И. Тонкая структура едс, возникающая при взрывном образовании мартенсита в сплавах Fe - Ni 31%- ФММ, 1981, 51, стр. 211-212.
5. Эстрин Э.И. Некоторые вопросы мартенситных превращений, в сб. Фазовые превращения мартенситного типа. – К.:Наукова думка, 1983.
6. Най Дж. Физические свойства кристаллов. – М.:Мир, 1987.
7. Коваль Ю.Н., Сабаша В.В. Полярность импульсов при $\gamma \rightarrow \alpha$ превращении в сплавах Fe-Ni., ФММ, 10, № 1, 1992
8. Robin M., Lormand G., Gobin P.F. Etude amplification electronique rapid de la propagation de la martensite dans un alliage Fer-Nickel. – J. de Phys.,1977, 11, p.669-674.
9. Robin M., Lormand G., Gobin P.F. Phenomenes lies a une avalanche martensitique dans un alliage Fer-Nickel. – J. de Phys.,1982, 43, p.404-485.

Одержано редакцією 5.11.2008

Прийнято до публікації 20.11.2008