

УДК 669.24"234:537:621

ВЛИЯНИЕ МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ НА АНИЗОТРОПИЮ ЯВЛЕНИЙ ПЕРЕНОСА В МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВАХ НИКЕЛЬ-ПАЛЛАДИЙ

А. Б. Грановский, Р. П. Васяльева, С. И. Стадник,
Г. М. Мяликулыев

(кафедра магнетизма)

В интервале температур от 300 К до температуры Кюри исследованы анизотропия эффектов Холла, Нернста—Эттингсгаузена, поперечного спонтанного магнетосопротивления, поперечной магнитотермоэдс монокристаллических сплавов Ni—Pd с содержанием Pd от 0 до 70 ат.%. Показано, что магнитоэстрокиционные деформации не оказывают существенного влияния на анизотропию коэффициентов аномального эффекта Холла и Нернста—Эттингсгаузена, но играют определяющую роль в формировании анизотропии магнетосопротивления и магнитотермоэдс.

В настоящей работе представлены результаты исследования анизотропии эффектов Холла, Нернста—Эттингсгаузена, поперечного магнетосопротивления, поперечной магнитотермоэдс и магнитоэстрокиции в монокристаллических сплавах Ni—Pd с содержанием Pd 0—70 ат.%. Измерения перечисленных выше эффектов проводились на одних и тех же образцах в интервале температур от 300 К до температур Кюри в поле до $1,4 \cdot 10^6$ А/м при ориентации электрического поля или градиента температур вдоль кристаллографической оси $[1\bar{1}0]$. Описание методики получения образцов, а также методик измерения дано в работах [1, 2].

Анизотропия коэффициентов аномального эффекта Холла (АЭХ) — R_s и аномального эффекта Нернста—Эттингсгаузена (АЭНЭ) — Q_s характеризовалась параметрами

$$\xi = \frac{R_s^{[110]} - R_s^{[001]}}{|R_s^{[001]}|}, \quad (1)$$

$$\eta = \frac{Q_s^{[110]} - Q_s^{[001]}}{|Q_s^{[001]}|},$$

где кристаллографические индексы указывают направление вектора магнитного момента. Анизотропия АЭХ и АЭНЭ — четный по намагниченности эффект, поэтому естественно сравнить анизотропию АЭХ и АЭНЭ с другим четным эффектом — магнитной анизотропией. На рис. 1, а представлены температурные зависимости параметров ξ и η

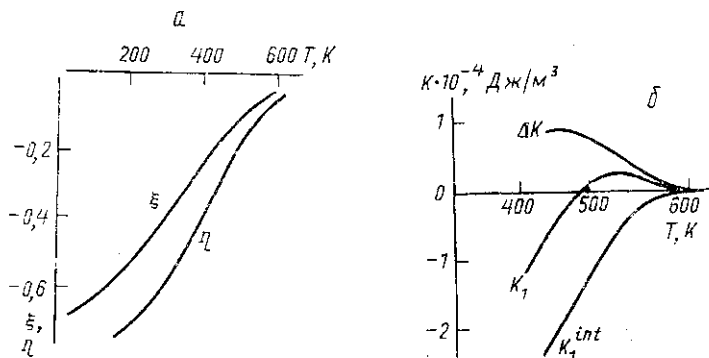


Рис. 1

чистого Ni, а на рис. 1, б — температурные зависимости константы магнитной анизотропии K_1 и «истинной» константы магнитной анизотропии K_1^{int} , которая получается вычитанием из измеренных значений K_1 вклада магнитоэстроционных деформаций ΔK [3]. Представленные на рис. 1 данные типичны и для сплавов Ni_{1-x}—Pd_x с $x \leq 50$ ат.%. Из сравнения этих данных можно заключить следующее. Во-первых, как видно из рис. 1, а, температурные зависимости параметров ξ и η полностью аналогичны и значения этих параметров близки. При учете общего соотношения, связывающего Q_s и R_s [4]:

$$Q_s = - \frac{SR_s}{\rho} - \frac{\pi^2}{3} \frac{k_B^2}{|c|} \left(\frac{\partial}{\partial E} \frac{R_s}{\rho^2} \right)_{\mathbf{B}_F} \quad (2)$$

(где S — термоэдс, ρ — электросопротивление) и малой анизотропии ρ и S по сравнению с анизотропией R_s , такое поведение параметров ξ и η легко объяснимо. Во-вторых, температурные зависимости η и ξ аналогичны температурной зависимости «истинной» константы магнитной анизотропии K_1^{int} , а не полной K_1 , включающей магнитоэстроционный вклад. Следовательно, магнитоэстроционные свойства сплавов Ni—Pd, играя заметную роль в формировании константы магнитной анизотропии, не оказывают существенного влияния на анизотропию АЭХ и АЭНЭ.

На рис. 2 представлены зависимости спонтанного поперечного магнетосопротивления (ПМС) $\Delta\rho_{\perp}/\rho$ (рис. 2, а) и поперечной магнитоэстрокции λ_{\perp} (рис. 2, б) от ориентации магнитного поля в плоскости

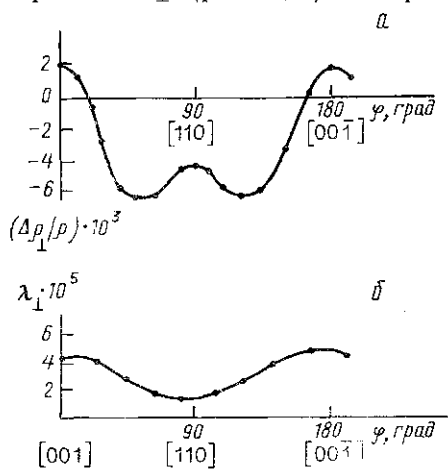


Рис. 2

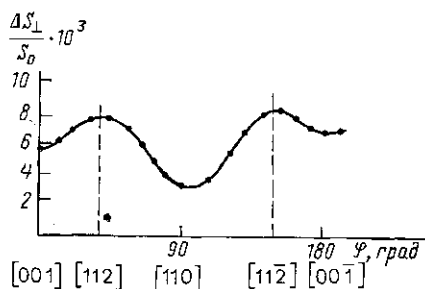


Рис. 3

(110) для сплава Ni—25 ат.% Pd при 300 К. Величина спонтанного ПМС определялась путем экстраполяции полевой зависимости $\Delta\rho_{\perp}/\rho$ к нулевому значению магнитной индукции. Прежде всего следует отметить, что ПМС исследованных монокристаллических сплавов при намагничивании вдоль [001] положительно, тогда как для поликристаллических Ni и сплавов Ni—Pd $\Delta\rho_{\perp}/\rho < 0$ [5]. Из рис. 2 видно, что при намагничивании вдоль [001] максимальна и магнитоэстрокция λ_{\perp} . Отсюда можно предположить, что магнитоэстроционные деформации играют существенную роль в формировании ПМС, т. е.

$$\frac{\Delta\rho_{\perp}}{\rho} = \left(\frac{\Delta\rho_{\perp}}{\rho} \right)^{\lambda} + \left(\frac{\Delta\rho_{\perp}}{\rho} \right)^{int} \quad (3)$$

где первый член пропорционален λ_{\perp} и положителен, а второй описывает «истинный» вклад и отрицателен.

В подтверждение высказанного утверждения можно привести следующую оценку. Согласно данным работы [6], при растягивающих нагрузках $P=2,5 \cdot 10^5$ Н/м² для Ni $\Delta\rho_{\perp}/\rho$ изменяется на величину $\Delta(\Delta\rho_{\perp}/\rho)^P \approx 0,3 \cdot 10^{-3}$. Тогда, учитывая, что относительное растяжение образца $\Delta l/l = P/E$, где для Ni модуль упругости $E=2 \cdot 10^{11}$ Н/м², а также то, что по определению $\lambda_{\perp} = \Delta l/l$, легко получить:

$$\left(\frac{\Delta\rho_{\perp}}{\rho}\right)^{\lambda} = \Delta\left(\frac{\Delta\rho_{\perp}}{\rho}\right)^P \frac{E}{P} \lambda, \quad (4)$$

что при $\lambda_{\perp}^{[001]} = 4,2 \cdot 10^{-5}$ приводит к значению $(\Delta\rho_{\perp}/\rho) \approx 10^{-2}$. Вычитая этот положительный вклад из измеренного значения $\Delta\rho_{\perp}^{[001]}/\rho$, получаем, что «истинное» ПМС отрицательно и по порядку величины совпадает с данными для поликристаллических сплавов.

Дополнительным подтверждением существенного вклада магнито-стрикционных деформаций в ПМС могут служить данные о температурной зависимости ПМС [7]. В окрестности температуры «компенсации», т. е. когда K_1 обращается в нуль, а следовательно, мал зонный вклад в K_1 , следует ожидать, что и $(\Delta\rho_{\perp}/\rho)^{int}$ мало, и при этом условии зависимости ПМС и λ должны быть одинаковыми, что действительно отмечалось в эксперименте. В частности, для чистого Ni в интервале температур 460—510 К ПМС и λ имели два экстремума при $\mathbf{H} \parallel [110]$ и $\mathbf{H} \parallel [001]$.

На рис. 3 представлены угловые зависимости поперечной магнито-термоэдс (поперечный термомагнитный эффект) для сплава Ni — 25 ат. % Pd. Из сравнения с данными для угловой зависимости магнито-стрикции λ_{\perp} (см. рис. 2, б) видно, что оба эффекта имеют практически совпадающие экстремумы при $\mathbf{M}_s \parallel [001]$ и $\mathbf{M}_s \parallel [110]$, в то же время у магнито-термоэдс имеется небольшой максимум при $\mathbf{M}_s \parallel [112]$. При упругом рассеянии термоэдс определяется следующим выражением:

$$S = -\frac{\pi^2}{3} \frac{k_B^2 T}{|e|} \frac{1}{\sigma} \left(\frac{\partial \sigma}{\partial E}\right)_{E_F} = AT\rho \left(\frac{\partial \sigma}{\partial E}\right)_{E_F}, \quad (5)$$

где A — константа, а $\sigma = 1/\rho$ — электропроводность. Следовательно, с учетом выражения (3)

$$\frac{\Delta S_{\perp}}{S} = \left(\frac{\Delta S_{\perp}}{S}\right)^{\lambda} + \left(\frac{\Delta S_{\perp}}{S}\right)^{int}, \quad (6)$$

где

$$\left(\frac{\Delta S_{\perp}}{S}\right)^{\lambda} = \left(\frac{\Delta\rho_{\perp}}{\rho}\right)^{\lambda}, \quad \left(\frac{\Delta S_{\perp}}{S}\right)^{int} = \left(\frac{\Delta\rho_{\perp}}{\rho}\right)^{int} + \frac{\Delta(d\rho_{\perp}/dE)_{E_F}}{(d\rho_{\perp}/dE)_{E_F}}. \quad (7)$$

Первый вклад в выражении (6) связан с магнито-стрикционными деформациями, а второй «истинный». Согласно приведенным выше при анализе ПМС оценкам, вклад $(\Delta S_{\perp}/S)^{\lambda}$ положителен, порядка 10^{-2} и пропорционален λ_{\perp} , что и соответствует экспериментальным данным, за исключением небольшого дополнительного максимума $\Delta S_{\perp}/S$ при $\mathbf{M}_s \parallel [112]$. Отсюда можно заключить, что основным механизмом, приводящим к анизотропии магнито-термоэдс, является магнито-стрикционное растяжение образца, однако зонный вклад, обусловленный анизотропией рассеяния, отнюдь не является пренебрежимо малой величиной.

Таким образом, можно заключить, что в монокристаллических сплавах Ni—Pd

1) магнитострикционные деформации дают пренебрежимо малый вклад в анизотропию АЭХ и АЭНЭ;

2) вклад магнитострикционных деформаций в анизотропию магнетосопротивления соизмерим по порядку величины с «истинным» эффектом, обусловленным особенностями зонной структуры;

3) анизотропия поперечной магнитотермоэдс в основном определяется вкладом магнитострикционных деформаций, однако зонный вклад, хотя и меньший по величине, также играет роль в формировании эффекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильева Р. П., Мясликгульев Г. М., Стадник С. И.//ФММ. 1984. 57, № 5. С. 904.
2. Мясликгульев Г. М., Васильева Р. П., Стадник С. И.//ФММ. 1985. 59, № 4. С. 750.
3. Пузей И. М.//Изв. АН СССР, сер. физ. 1961. 25, № 12. С. 1494.
4. Ведяев А. В., Грановский А. Б., Котельникова О. А. Кинетические явления в неупорядоченных ферромагнитных сплавах. М., 1992.
5. Вонсовский С. В. Магнетизм. М., 1971.
6. Мясликгульев Г. М.//Изв. АН ТССР, сер. физ. техн. хим и геол. наук. 1971. № 5. С. 30.
7. Мясликгульев Г. М., Васильева Р. П., Джеббаров Е., Стадник С. И.//ФММ. 1989. 67, № 5. С. 1031.

Поступила в редакцию
07.12.94

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3, ФИЗИКА, АСТРОНОМИЯ. 1995. Т. 36, № 4

ГЕОФИЗИКА

УДК 551.466

ГЕНЕРАЦИЯ ЦУНАМИ БЕГУЩЕЙ ПОДВИЖКОЙ ДНА

М. А. Носов, Н. К. Шелковников

(кафедра физики моря и вод суши)

Методом лабораторного моделирования и теоретически, в рамках линейной потенциальной теории, исследуется задача о генерации волн цунами бегущими подвижками дна. Получены зависимости максимальной амплитуды и энергии волн от скорости распространения подвижки дна. Экспериментальные данные находятся в хорошем соответствии с теоретическими зависимостями.

В большинстве работ, посвященных процессу генерации волн цунами подвижками дна, предполагается, что движение дна происходит одновременно во всей активной области, что, очевидно, не всегда имеет место в природе. В связи с этим большой интерес для проблемы цунами представляют возмущения дна океана, получившие в литературе название бегущих подвижек [1—4]. В качестве природного прототипа бегущей подвижке могут соответствовать последовательное смещение блоков дна, распространяющаяся по дну трещина [5] или диспергирующий пакет сейсмических волн [6]. Кроме того, бегущая подвижка может ассоциироваться и с подводным оползнем [7, 8]. Отметим, что практически все упомянутые работы являются теоретиче-