

Р. П. ИВАНОВА

## ПОПЕРЕЧНЫЙ ТЕРМОМАГНИТНЫЙ ЭФФЕКТ В НИКЕЛЕ И ЖЕЛЕЗО-НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВАХ\* В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАМАГНИЧЕННОСТИ

Поперечный термомагнитный эффект (эффект Нернста) заключается в появлении электродвижущей силы в металлах и полупроводниках, помещенных в магнитное поле, при наличии температурного градиента, перпендикулярного полю. Наблюдаемая э. д. с. возникает в направлении, перпендикулярном как магнитному полю, так и температурному градиенту.

В настоящей статье изложены результаты, полученные при изучении эффекта Нернста в зависимости от намагниченности образцов для никеля и железо-никелевых сплавов.

Как известно из литературы по этому вопросу [1—3], эффект Нернста изучался в больших намагничивающих полях, значительно превышающих поля насыщения. При этом образец помещался между полюсами электромагнита в разомкнутой магнитной цепи. При таком способе измерения нельзя было установить связь между возникающей э. д. с. и намагниченностью. В работе [4] изучение зависимости э. д. с. Нернста от намагниченности в углеродистой стали проводилось в замкнутой магнитной цепи. При этом была получена качественная связь между эффектом Нернста и намагниченностью.

Целью настоящей работы являлось получение количественной связи между э. д. с. Нернста и намагниченностью образца.

### Методика измерения

Для измерения использовались железо-никелевые сплавы, достигающие насыщения в сравнительно небольших полях. Образцы имели форму параллелепипедов ( $5 \times 15 \times 150$  мм), что позволяло вычислить размагничивающий фактор и установить зависимость величины эффекта Нернста от намагниченности.

Исследования проводились на образцах состава: 36% Ni + 64% Fe, 45% Ni + 55% Fe, 55% Ni + 45% Fe, 65% Ni + 35% Fe, 75% Ni + 25% Fe, 85% Ni + 15% Fe, никель.

Перед измерениями образцы гомогенизировались в водороде при  $1200^{\circ}$  в течение 10 часов, затем отжигались в вакууме при  $700^{\circ}$  в течение 1 часа и закаливались на воздухе.

Для измерения э. д. с. Нернста исследуемые образцы помещались в магнитное поле соленоида так, что направление поля совпадало с продольной осью образца (рис. 1). С помощью двух электрических печек, помещенных в медные трубки и плотно прижатых к образцу, перпендикулярно полю создавался температурный градиент. Полученный таким образом градиент температуры измерялся двумя хромель-алюмелиевыми термопарами, которые вкладывались в спе-

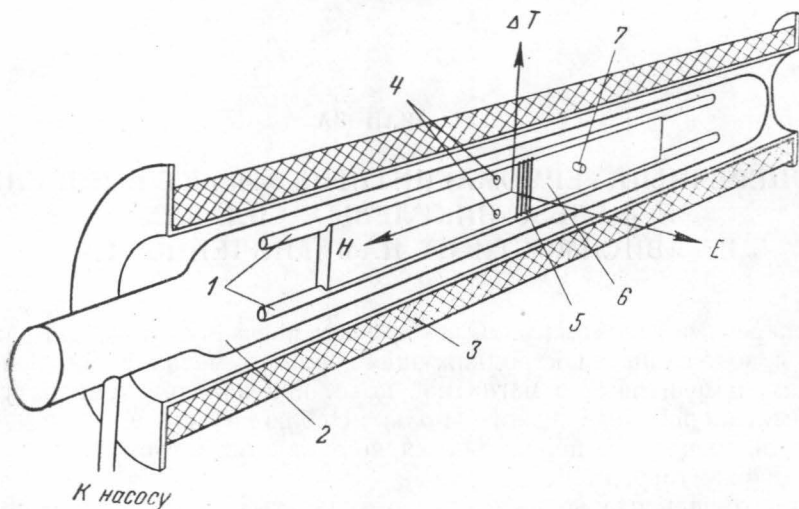


Рис. 1. Схематическое изображение основной части установки:

1—медные трубки с нагревающими спиралями, 2—стекланная трубка, 3—намагничивающая катушка, 4—отверстия для термопар, 5—баллистическая обмотка, 6—образец, 7—выступ для измерения э. д. с. Нернста

циальные отверстия на образце на расстоянии 1,4 см друг от друга. За температуру образца принималось среднее значение из показаний этих термопар.

Для обеспечения устойчивости теплового режима образец вместе с печками помещался в стекланную трубку, откаченную до давления  $10^{-2}$  мм рт. ст. Кроме того, перед началом измерений образец выдерживался при заданном тепловом режиме в течение 1 часа.

Э. д. с. Нернста измерялась с помощью низкоомного потенциометра ППТН-1, а при малых значениях—с помощью фотоэлектрооптического усилителя. Намагниченность образца измерялась баллистическим методом. Баллистическая обмотка помещалась в специальное углубление в средней части образца. Э. д. с. Нернста и намагниченность измерялись одновременно.

### Результаты измерений

В результате измерений для всех исследуемых сплавов получена зависимость э. д. с. Нернста от намагниченности образцов. Измерения проводились при различных температурах. На рис. 2—5 представлена

лишь часть кривых, полученных в широком интервале температур. Для каждого образца измерения проводились не менее чем при пятнадцати вариантах температур. На рис. 2—6 по оси ординат отложены величины  $EI/\Delta T b$ , где  $EI/\Delta T$  — э. д. с. Нернста, приведенная к температурному градиенту  $1^\circ/\text{см}$ .

Из рис. 2 видно, что для сплавов с 36% Ni и 45% Ni при не слишком больших температурах наблюдается линейная зависимость э. д. с. Нернста от намагниченности. При увеличении температуры линейная зависимость нарушается (кривая 5 на рис. 2).

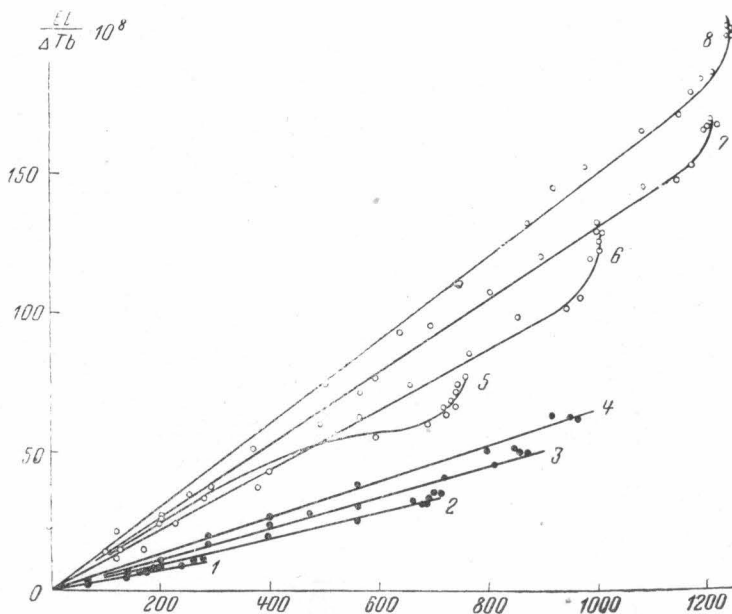


Рис. 2. Зависимость величины  $EI/\Delta T b$  от намагниченности при различных температурах для сплавов с 36% Ni + 64% Fe (1 — 211,5°; 2 — 137,9°; 3 — 84,6°; 4 — 59,9°) и 45% Ni + 55% Fe (5 — 302,3°; 6 — 208,2°; 7 — 109,6°; 8 — 37,0°)

Линейная зависимость для сплавов с 55% Ni и 65% Ni (рис. 3) сохраняется только в определенной области значений намагниченности, размеры которой уменьшаются при увеличении температуры. Линейные участки кривых сплава с 75% Ni становятся еще меньше (рис. 4), а для образцов с 85% Ni и из чистого никеля линейной зависимости не наблюдается вовсе (рис. 5).

В ряде работ [4, 5] используется следующее соотношение для э. д. с. Нернста, введенное по аналогии с эффектом Холла — Кикоина:

$$E = Qb \frac{\Delta T}{l} I, \quad (1)$$

где  $E$  — э. д. с. Нернста,  $b$  — ширина образца,  $l$  — расстояние между двумя термопарами,  $\Delta T$  — разность температур,  $I$  — намагниченность образца,  $Q$  — постоянная Нернста.

Из полученных нами данных можно сделать вывод, что соотношение (1) применимо лишь для составов с малым содержанием никеля

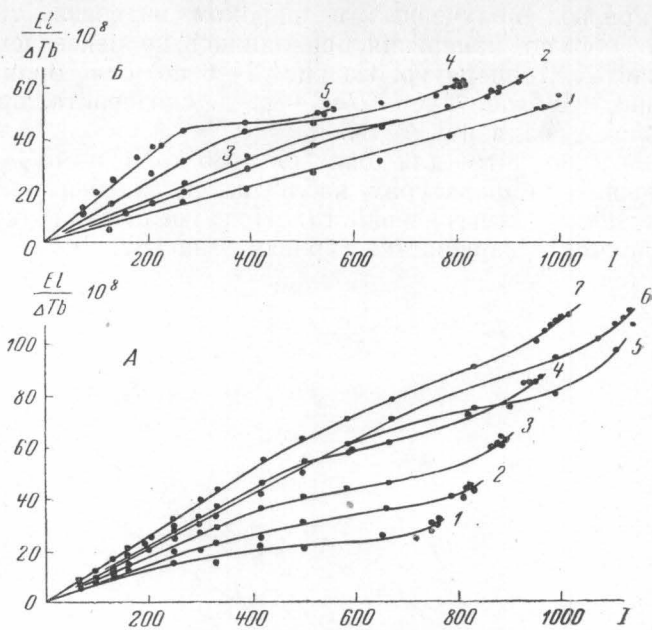


Рис. 3. Зависимость величины  $EL/\Delta T_b$  от намагниченности при различных температурах для сплавов с 55% Ni + 45% Fe (A: 1—445,0°; 2—407,0°; 3—367,6°; 4—326,5°; 5—134,8°; 6—180,8°; 7—287,8°) и 65% Ni + 35% Fe (B: 1—193,2°; 2—276,5°; 3—342,0°; 4—398,5°; 5—542,6°)

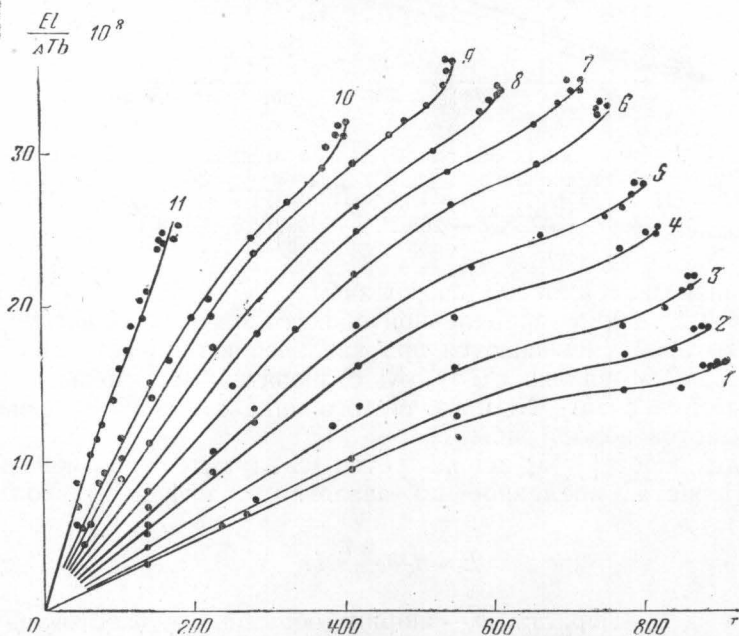


Рис. 4. Зависимость величины  $EL/\Delta T_b$  от намагниченности при различных температурах для сплава с 75% Ni + 25% Fe (1—162°; 2—183,4°; 3—211,2°; 4—263,0°; 5—312,4°; 6—361,4°; 7—392,8°; 8—491,0°; 9—513,5°; 10—554,7°; 11—581,2°)

и при небольших температурах. Для составов с 55% Ni, 65% Ni и 75% Ni формула может применяться только для не слишком больших

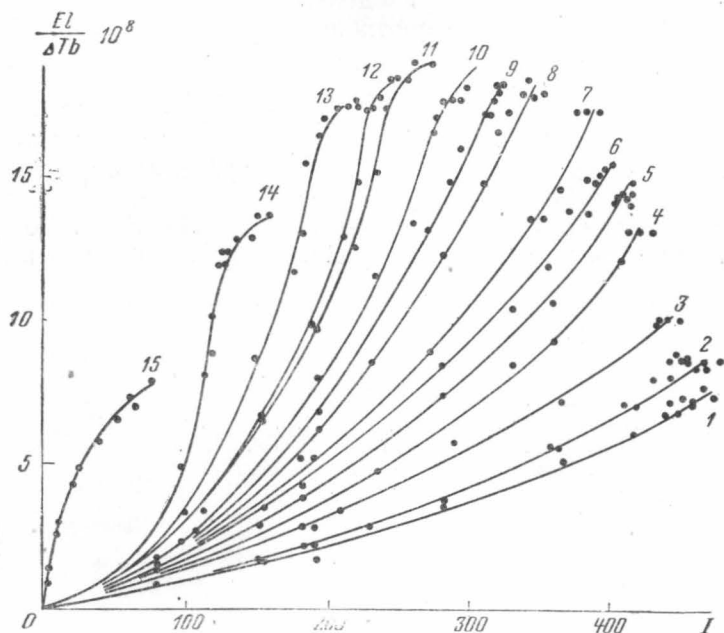


Рис. 5. Зависимость величины  $EI/\Delta T_b$  от намагниченности при различных температурах для чистого никеля (1—107,0°; 2—135,0°; 3—141,0°; 4—189,8°; 5—187,8°; 6—208,2°; 7—228,3°; 8—258,0°; 9—271,0°; 10—285,0°; 11—298,0°; 12—303,5°; 13—314,8°; 14—326,0°; 15—335,2°)

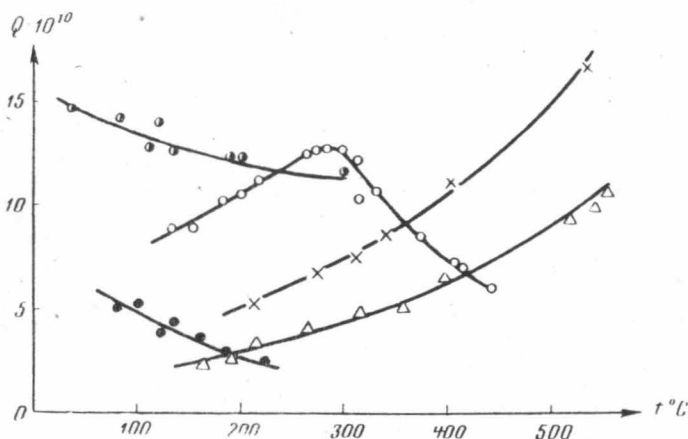


Рис. 6. Постоянная Нернста, вычисленная по соотношению (1) для линейных участков полученных кривых в зависимости от температуры: ●—36% Ni+64% Fe; ◐—45% Ni+55% Fe; ○—55% Ni+45% Fe; ×—65% Ni+35% Fe; △—75% Ni+25% Fe

значений  $I$ . При большем содержании никеля и для чистого никеля соотношение (1) оказывается неприменимым.

Отсутствие строгой пропорциональной зависимости у исследуемых сплавов между э. д. с. Нернста и намагниченностью можно объяс-

ить, по-видимому, наличием различных процессов при намагничении материала (процессов смещения и вращения).

Для линейных участков приведенных кривых может быть вычислена постоянная Нернста. Из соотношения (1)

$$Q = \frac{El}{\Delta T b} / I.$$

На рис. 6 показаны вычисленные таким образом величины  $Q$  при различных температурах для сплавов, содержащих 36% Ni, 45% Ni, 55% Ni, 65% Ni и 75% Ni.

В заключение выражаю благодарность проф. Е. И. Кондорскому за обсуждение результатов и ценные указания при выполнении работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Smith A. Phys. Rev., **17**, 23, 1921.
2. Smith A. Phys. Rev., **33**, 295, 1911.
3. Аннаев Р. Г. Докторская диссертация, МГУ, 1948.
4. Генкин Н. М. и Припорова Г. П. ЖЭТФ, **26**, 3, 1954.
5. Патрахин Н. П. Изв. АН СССР, сер. физ., **16**, 5, 1952.

Поступила в редакцию  
16.5 1958 г.

Кафедра магнетизма