

И. Я. ДЕХТЯР

ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ СПЛАВОВ Ni—Mn В МАГНИТНОМ ПОЛЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА

(Представлено академиком М. А. Леонтовичем 8 X 1953)

Электрические явления в ферромагнетиках дают важные сведения, позволяющие установить взаимосвязь между ферромагнетизмом и электропроводностью этих металлов (1).

Изменения электросопротивления ферромагнетиков в магнитном поле, впервые изученные Д. И. Гольдгаммером (2), нашли свое истолкование в теории С. В. Вонсовского на основе развитой им *s—d*-обменной модели (1). В этой теории дополнительное изменение электросопротивления ферромагнетика с температурой обусловлено взаимодействием электронов проводимости как с фононами, так и с ферромагнонами (элементарными возбуждениями, создаваемыми *d*-электронами). С другой стороны, характер межуатомной связи в ферромагнетиках обусловлен участием как *s*-электронов, так и *d*-электронов.

Особый интерес представляет изучение гальваномагнитных явлений в области пара-процесса (3), где они обусловлены обменными взаимодействиями *s*- и *d*-электронов в ферромагнетиках. В этом случае указанные эффекты являются чувствительным индикатором тонкого структурного состояния в металлах и сплавах.

Работами А. П. Комара и Н. И. Портнягина (4), Р. Г. Аннаева (5) и др. было показано влияние упорядочения на гальваномагнитный эффект в сплаве Ni₃Mn.

Изучение продольного эффекта Гольдгаммера в сплавах систем Fe—Cr, Fe—Co, Co—Ni и Cu—Ni, проведенное Н. В. Грум-Гржимайло (6), привело к заключению о наличии в твердых растворах указанных металлов химических связей, характерных для соответствующих соединений. С другой стороны, из результатов рентгеноспектральных исследований (7, 8) вытекало предположение о возможности образования квази-химических структур при взаимодействии между компонентами сплава из переходных металлов. Было целесообразно проверить эти соображения, используя в качестве индикатора структурных изменений гальваномагнитный эффект.

Изучался продольный гальваномагнитный эффект в полях до 2500 эрст. Образцы сплавов изготовлялись по методу Степанова. Изменение электросопротивления измерялось при помощи низкоомного компенсатора и высокочувствительного гальванометра ($5 \cdot 10^{-10}$ а/мм/м).

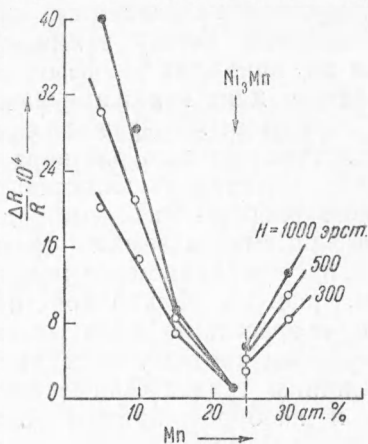


Рис. 1

Ошибка измерения величины $\Delta R/R$ составляла 1,5%. На рис. 1 приведена зависимость $\Delta R/R$ от концентрации Mn. Эти данные позволяют предположить образование соединения Ni_3Mn в сплаве стехиометрического состава, который специально не упорядочивался.

Изучалось также влияние третьего элемента (Cu и Sn) на изменение $\Delta R/R$ сплавов Ni—Mn. Состав сплавов приведен в табл. 1.

График изменения величины $\Delta R/R$ в зависимости от электронной концентрации атомов приведен на рис. 2. При этом предполагается, что атом меди имеет один, а атом олова четыре валентных электрона. Изменения $\Delta R/R$ соответствуют разности значений этих величин для сплава с третьим элементом и сплава с соответствующим содержанием марганца без третьего элемента. Для определения $\delta(\Delta R/R)$ использовались данные зависимости $\Delta R/R$ от состава двойных сплавов (см. рис. 1).

Наличие флуктуаций на кривой рис. 2 свидетельствует, повидимому, об изменении межатомных связей. Можно предполагать, что при соответствующей концентрации между атомами третьего элемента и атомами основы образуются направленные связи, характерные для соответствующих соединений между этими атомами. Эти квази-химические соединения не приводят к фазовому превращению, но, заметно изменяя средние длины межатомных связей, могут существенно сказываться на некоторых физико-химических свойствах твердого раствора. В частности, интересно сопоставить изменение энергии активации диффузии Mn в рассматриваемых сплавах (см. рис. 3) с изменением величины $\delta(\Delta R/R)$ (см. рис. 2). Можно констатировать, что возрастанию энергии активации диффузии соответствует уменьшение величины гальваномагнитного эффекта, и наоборот, причем экстремуму на кривой ΔE_a соответствует экстремум на кривой $\delta(\Delta R/R)$ в зависимости от концентрации третьего элемента.

Из общих соображений относительно зависимости эффекта Гольдгаммера от намагниченности насыщения (I_s) можно прийти к заключению о том, что величина $\Delta R/R$ тесно связана с коэффициентом заполнения d -вакансий в рассматриваемых твердых растворах.

В самом деле, приняв, что $\Delta R/R \sim I_s^2$, и считая величину I_s пропорциональной среднему магнитному моменту m на атом сплава, получаем, что $\Delta R/R \sim m^2$. По определению, коэффициент заполнения (⁹)

$$q = \frac{D_0 - m}{D_0},$$

где D_0 — число d -вакансий на атом сплава в свободном состоянии. Отсюда находим, что

$$\frac{\Delta R}{R} \sim D_0^2 (1 - q)^2.$$

Таблица 1

| Сплав * | Mn | Cu | Sn |
|---------|-------|------|------|
| | ат. % | | |
| 549 | 15,90 | 1,83 | — |
| 549a | 12,96 | 3,87 | — |
| 549b | 13,84 | 5,09 | — |
| 551 | 13,81 | — | 2,01 |
| 552 | 13,86 | — | 3,67 |
| 553 | 16,82 | — | 5,15 |

* Основа — Ni.

Это выражение показывает, что с уменьшением магнитного момента, а следовательно, с возрастанием коэффициента заполнения q величина $\Delta R/R$ уменьшается. Разумеется, эти качественные соображения не учитывают влияния других возможных факторов на изменение величины $\Delta R/R$. В частности, если связь между разнородными атомами сплава при изменении состава существенно изменяется, то это может резко изменить ход изменения электросопротивления с составом. Этот эффект и наблюдался на ряде сплавов в работе (6) и на системах Ni—Mn и Ni—Mn + третий элемент.

Рассмотрим два типичных примера. Как известно, магнитный атомный момент для сплавов Fe—Co при 35 ат. % Co имеет максимальное значение, убывая линейно в обе стороны в направлении чистых компонент. Соответственно изменяется и $\Delta R/R$ в зависимости от состава (6). Аналогичная закономерность наблюдается и для системы сплавов Ni—Mn. При возрастании концентрации Mn, с увеличением коэффициента заполнения величина $\Delta R/R$ уменьшается. Наблюдающийся минимум при 25% Mn свидетельствует об изменении характера связи между разнородными атомами сплава.

Приведенные данные свидетельствуют о закономерной связи, существующей между явлением Гольдгаммера и характером междоатомного взаимодействия в сплавах из переходных металлов.

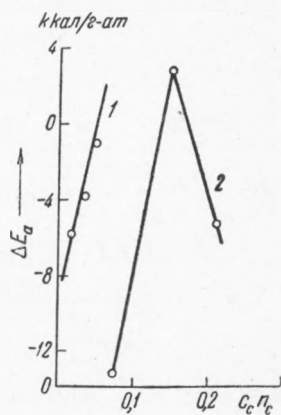


Рис. 3. 1—Ni—Mn—Cu; 2—Ni—Mn—Sn

Поступило
22 VII 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. В. Вонсовский, ЖЭТФ, 16, 981 (1946); 18, 219 (1949). ² Д. И. Гольдгаммер, Уч. зап. Моск. ун-та, 8, I (1889). ³ К. П. Белов, Упругие, тепловые и электрические явления в ферромагнитных металлах, 1951. ⁴ А. П. Комар, Н. И. Портнягин, ДАН, 60, 569 (1948). Р. Г. Аннаев, ДАН, 61, 1009 (1948). ⁵ Н. В. Грум-Гржимайло, Изв. сектора физ.-хим. анализа, 19, 531 (1949). ⁶ С. Д. Герцрикен, И. Я. Дехтяр, С. М. Каральник, Тр. физ. фак. КГУ им. Т. Г. Шевченко, № 6 (1952). ⁷ И. Я. Дехтяр, С. М. Каральник, ДАН, 88, № 2 (1953). ⁸ И. Я. Дехтяр, ДАН, 85, № 3 (1952).