

## ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ЭФФЕКТА ХОЛЛА И ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ В СПЛАВАХ Fe—Co

Температурная зависимость эффекта Холла в ферромагнетиках получила объяснение в современной теории, изложенной в работах [1—4]. В случае, когда рассеяние электронов происходит в основном на примесях и фонах, теория [4] дает связь между  $R_s$  и  $\rho$  в виде  $R_s = a\rho + b\rho^2$ .

Параметры  $a$  и  $b$  зависят от степени локализации электронов, ответственных за магнитные свойства вещества и от характера носителей тока. Параметр  $a$  также зависит от удельного остаточного электросопротивления. Экспериментальные данные [4, 5] подтверждают это соотношение.

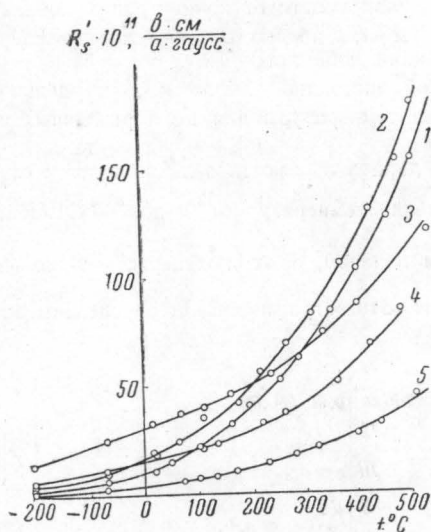


Рис. 1. Зависимость ферромагнитной постоянной Холла  $R'_s$  от температуры для железокобальтовых сплавов. 1 — Fe, 2 — 5,3% Co, 3 — 16,7% Co, 4 — 26,0% Co, 5 — 36,2% Co

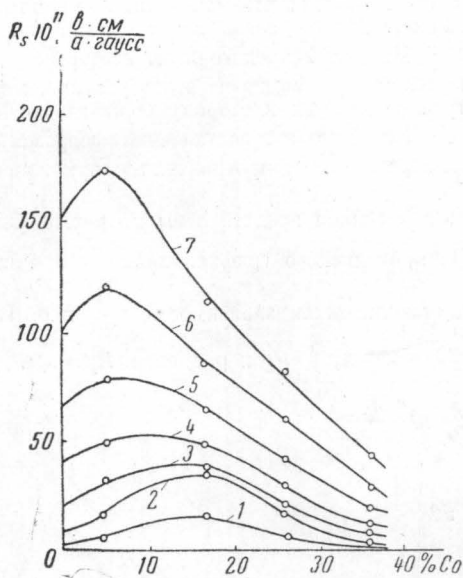


Рис. 2. Зависимость ферромагнитной постоянной Холла  $R'_s$  от содержания кобальта при различных температурах: 1 — 195, 2 — 0, 3 — 100, 4 — 200, 5 — 300, 6 — 400, 7 — 500°

В работе [6] проведено исследование эффекта Холла и удельного электрического сопротивления в железокобальтовых сплавах при температурах 77, 169 и 290°K. Ферромагнитная постоянная Холла  $R$  и удельное электрическое сопротивление  $\rho$  при указанных температурах связаны соотношением  $R = a + b\rho^2$ .

В настоящей работе экспериментально исследована температурная зависимость ЭДС Холла и электрического сопротивления в железокобальтовых сплавах и сопоставлены полученные результаты с выводами теории [4]. Нами было проведено исследование температурной зависимости электродвижущей силы Холла и электрического сопротивления на образцах из железокобальтовых сплавов с процентным содержанием кобальта 5,3, 16,7, 26 и 36,2% вес. Перед измерениями образцы отжигались в атмосфере водорода при температуре 1200°С в течение 10 час и затем медленно охлаждались вместе с печью.

Для измерения э. д. с. Холла в широком интервале температур применялся метод, описанный в работах [7 и 5]. Образцы прямоугольного сечения имели размеры  $6 \times 12 \times 150$ . Потенциальные контакты располагались на расстоянии 6 мм. Питание первичной цепи осуществлялось от батареи аккумуляторов. Сила тока в образце поддерживалась постоянной и равной 5 а. Измерения электрического сопротивления производились на образцах в виде стержней диаметром 3 мм, длиной 100 мм. Для измерения ЭДС Холла и электрического сопротивления использовался потенциометр ППТН-1 и гальванометр М 21/4.

При высокотемпературных измерениях образец вместе с печью помещался в трубу из молибденового стекла, которая откачивалась до  $10^{-2}$ – $10^{-3}$  мм рт. ст. Токотводящие и потенциальные проводники припаивались к образцу серебряным припоем. Температура образца измерялась хромель-алюмельевой термопарой. Образцы намагничивались в соленоиде, в котором можно было получать магнитные поля до 2500 эрст. Намагниченность образцов измерялась баллистическим методом. Ферромагнитная постоянная Холла вычислялась по формуле  $R'_s = 4\pi R_s = \frac{\epsilon}{ajI_s}$ , где  $\epsilon$  и  $I_s$  — значения э. д. с. Холла и намагниченности при насыщении,  $j$  — плотность электрического тока,  $a$  — расстояние между потенциальными контактами.

На рис. 1 представлены кривые, характеризующие зависимость ферромагнитной постоянной Холла для всех исследуемых образцов от температуры. Здесь дана аналогичная зависимость для железа «армко». Наиболее резко изменение ферромагнитной постоянной Холла  $R'_s$  с температурой наблюдается у сплава с 5,3% кобальта. При увеличении процентного содержания кобальта крутизна приведенных кривых уменьшается. Абсолютные значения при комнатной температуре для выбранных нами сплавов хорошо согласуются с данными, представленными в работах [6, 8].

На рис. 2 представлены изотермы  $R'_s$  в зависимости от концентрации кобальта в сплаве. Как видно из этого рисунка, максимум этих кривых с понижением температуры смещается в сторону больших концентраций кобальта.

Результаты сопоставления ферромагнитной постоянной Холла  $R'_s$  и удельного электрического сопротивления  $\rho$  при изменении температуры для Fe и различных составов сплава представлены на рис. 3. Здесь дана зависимость величины  $\frac{R'_s}{\rho}$  от  $\rho$ . Из приведенного графика видно, что в интервале температур от 0 до 500°C наблюдается линейная зависимость  $\frac{R'_s}{\rho}$  и  $\rho$ . Таким образом, опыт подтверждает наличие связи между  $R'_s$  и  $\rho$  в виде  $R'_s = a\rho + b\rho^2$ . Из этого графика были определены зна-

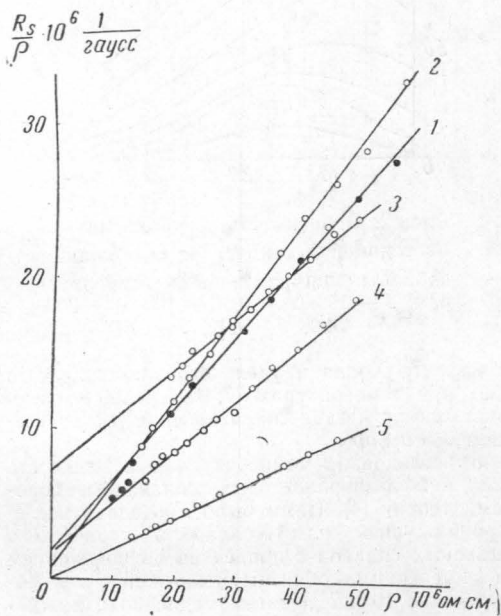


Рис. 3. Связь между  $R'_s/\rho$ ,  $\rho$  для железокобальтовых сплавов различного состава: 1 — Fe, 2 — 5,3% Co, 3 — 16,7% Co, 4 — 26,0% Co, 5 — 36,2% Co

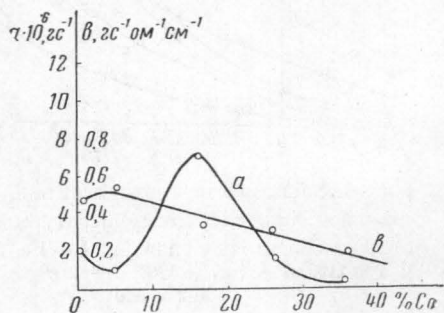


Рис. 4. Зависимость параметров  $a$  и  $b$  от содержания кобальта

чения параметров  $a$  и  $b$ . Величины параметров  $a$  и  $b$  в зависимости от процентного содержания кобальта даны на рис. 4. Параметр  $a$  имеет максимальное значение у сплава с 16% Co, удельное электрическое сопротивление которого также имеет наибольшую величину. Параметр  $b$  в пределах точности наших измерений почти линейно падает с увеличением процентного содержания Co в железе.

В железокобальтовых сплавах, состоящих из двух ферромагнитных компонентов, оба параметра  $a$  и  $b$  изменяются с составом. В этом случае в соответствии с формулой (21) работы [4] с изменением концентрации кобальта изменяется доля участия в намагниченности локализованных и нелокализованных электронов.

В заключение авторы выражают благодарность проф. Е. И. Кондорскому за ценные советы при обсуждении результатов статьи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Luttinger J. M. Phys. Rev., **112**, 3, 739, 1958.
2. Гуревич Л. Э., Яссиевич И. Е. «Физика металлов и металловедение», **7**, 582, 1965.
3. Ирхин Ю. П., Абельский Ш. Ш. «Физика твердого тела», **14**, 641, 1962.
4. Кондорский Е. И., Черемушкина А. В., Курбаниязов Н. «Физика твердого тела», **6**, 2, 539, 1964; Кондорский Е. И. ЖЭТФ, **46**, 2085, 1964.
5. Черемушкина А. В. «Вестн. Моск. ун-та», № 1, 7, 1958; № 2, 4, 1957.
6. Beitel P., Pugh E. M. Phys. Rev., **112**, 5, 1516, 1958.
7. Кикоин И. К. Sow. Phys., **1**, 9, 1936.
8. Jellinghaus W., Address M. An. Phys., **7**, 170, 1961.

Поступила в редакцию  
27. 7 1965 г.

Кафедра  
магнетизма

УДК 551.460.18

Н. А. ПАНТЕЛЕЕВ, В. Д. ПИСАРЕВ

### К ВОПРОСУ О ПРОЧНОСТНОМ РАСЧЕТЕ И ГЕРМЕТИЗАЦИИ ГЛУБОКОВОДНОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ

На кафедре физики моря и вод суши физического факультета МГУ сконструирован, изготовлен и подвергнут всесторонним испытаниям стальной герметический контейнер, предназначенный для размещения в нем автономной электронной аппаратуры, которая используется при исследованиях глубоководного турбулентного обмена в океане. Контейнеры описываемой конструкции могут быть рекомендованы для широкого круга исследований, проводимых на больших глубинах.

В данной статье коротко изложена методика расчетов прочности контейнера, а также способы герметизации крышки, иллюминатора и вводов кабеля внутрь контейнера от датчиков, расположенных вне его. Внешний вид контейнера представлен на рис. 1.

**Расчет прочности контейнера.** Расчет проведен для толстостенного цилиндра, ограниченного с одной стороны плоским дном, с другой — закрытой герметической крышкой и нагруженного внешним, всесторонним давлением  $p=1100$  кг/см<sup>2</sup>.

Толщина стенки контейнера  $S$  рассчитана [1, 2] с учетом уравнений теории упругости

$$S = \frac{p \cdot D}{2,3c \cdot \sigma - p},$$

где  $p=1100$  кг/см<sup>2</sup> — рабочее давление,  $D=26,4$  см — внутренний диаметр контейнера,  $\sigma=2900$  кг/см<sup>2</sup>,  $c=1$  коэффициент прочности цилиндра в продольном направлении (равен единице из-за отсутствия факторов, ослабляющих цилиндр в продольном направлении). Необходимая толщина стенки равна 42 мм.

Дно и крышка контейнера рассчитаны как круглые пластины, опертые по наружному контуру и нагруженные равномерно распределенным давлением. Рядом с отверстием в центре крышки для уплотнительной втулки толщина крышки увеличена. Если принять толщину крышки  $t=9$  см, то наибольшее нормальное напряжение в центре пластины будет

$$\sigma_H = \frac{1,24pr^2}{t^2} = 4100 \text{ кг/см}^2$$

( $r=15,6$  см — средний радиус пластины). Так как для материала, из которого изготовлен контейнер, опасное напряжение  $\sigma_{оп}=5200$  кг/см<sup>2</sup>, величина запаса прочности по отношению к опасным напряжениям равна 1,26. Оценки напряженного состояния цилиндрического корпуса контейнера (на внутренней поверхности стенки контейнера и в средней его части) показали, что наибольшие напряжения не превышают величины 4700 кг/см<sup>2</sup>, что также обеспечивает достаточный запас прочности.

**Герметизация крышки контейнера.** Герметизация крышки контейнера, как и других узлов, основана на принципе самоуплотнения. Конструкция уплотнения крышки