

Удельное электрическое сопротивление сплавов на основе железо-никель с повышенным содержанием железа Манжуев В. М.¹, Санеев Э. Л.²

¹Манжуев Вячеслав Михайлович / Manzhuyev Vyacheslav Mikhaylovich – кандидат физико-математических наук, доцент;

²Санеев Эдуард Леонидович / Saneev Eduard Leonidovich – кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра физики, факультет сервиса, технологии и дизайна, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение Высшего профессионального образования Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ

Аннотация: приводятся результаты исследований температурно-концентрационных зависимостей электросопротивления сплавов системы железо-никель в интервале температур 300-1600 К (концентрация никеля 1; 4,9; 9,5 %).

Ключевые слова: удельное электрическое сопротивление, сплав, рассеяние электронов.

Сплавы на основе железа составляют важнейшую часть элементной базы металлургии и машиностроения. Получение сведений об их электрофизических свойствах является важной научной задачей, имеющей большую практическую ценность. На сегодняшний день изучение свойств системы железо-никель не обеспечены исследованиями при средних и высоких температурах. С научной точки зрения исследования удельного электрического сопротивления при средних и высоких температурах позволяют понять механизм рассеяния электронов в данных сплавах в γ -области, где железо с никелем образуют непрерывный ряд твердых растворов.

Для измерения удельного электрического сопротивления использовалась стандартная четырехзондовая методика на постоянном токе. Погрешность определения удельного электросопротивления составляет менее 1 %, а погрешность определения температуры составляет менее 10 К.

Сплавы выплавлялись в вакуумной индукционной печи с частотой 440 КГц. Исходными компонентами служили карбонильное железо (99,97 %) и электролитический никель (99,98 %). После выплавки сплавы были прокованы в прутки при температуре 1450 К. Остывание происходило в атмосфере воздуха. Химический состав выдерживался с погрешностью 0,1 %. Образцы для измерения удельного электросопротивления представляли собой параллелепипеды размерами 3x3x30 мм, которые вырезались из слитков электроэрозионным методом.

Удельное электросопротивление измерялось в диапазоне температур от 300 до 1600 К. На рисунке 1 представлены результаты измерений температурной зависимости электросопротивления сплавов с концентрацией никеля 1 %; 4,9 % и 9,5 %.

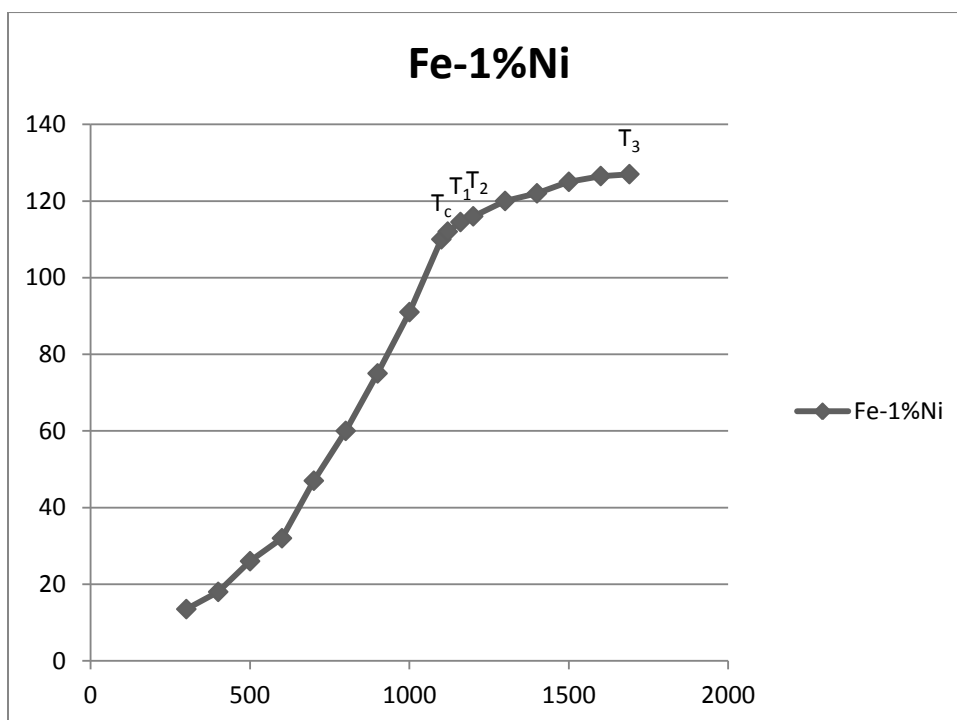


Рис. 1. Зависимость ρ_r от температуры для Fe-1 % Ni сплава
 $T_c = 1100$; $T_1 = T_{\alpha-\alpha+\gamma} = 1120$; $T_2 = T_{\alpha-\alpha+\gamma} = 1160$; $T_3 = T_{\alpha-\alpha+\delta} = 1690$

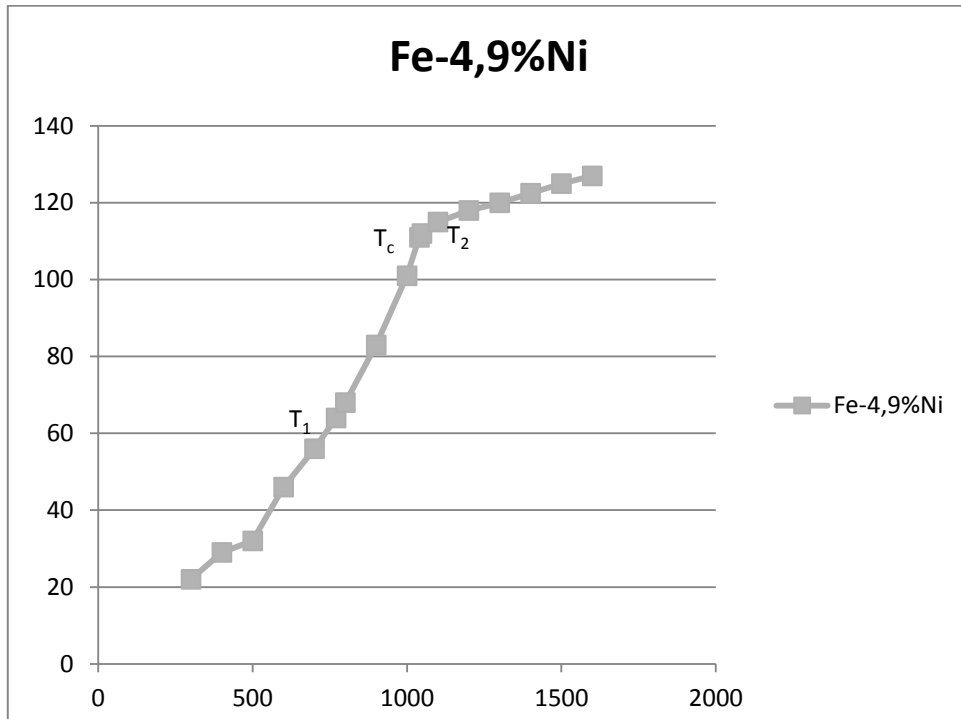


Рис. 2. Зависимость ρ_r от температуры для Fe-4,9 % Ni сплава
 $T_c = 1040$; $T_1 = T_{\alpha-\alpha+\gamma} = 770$; $T_2 = T_{\alpha+\gamma-\gamma} = 1048$

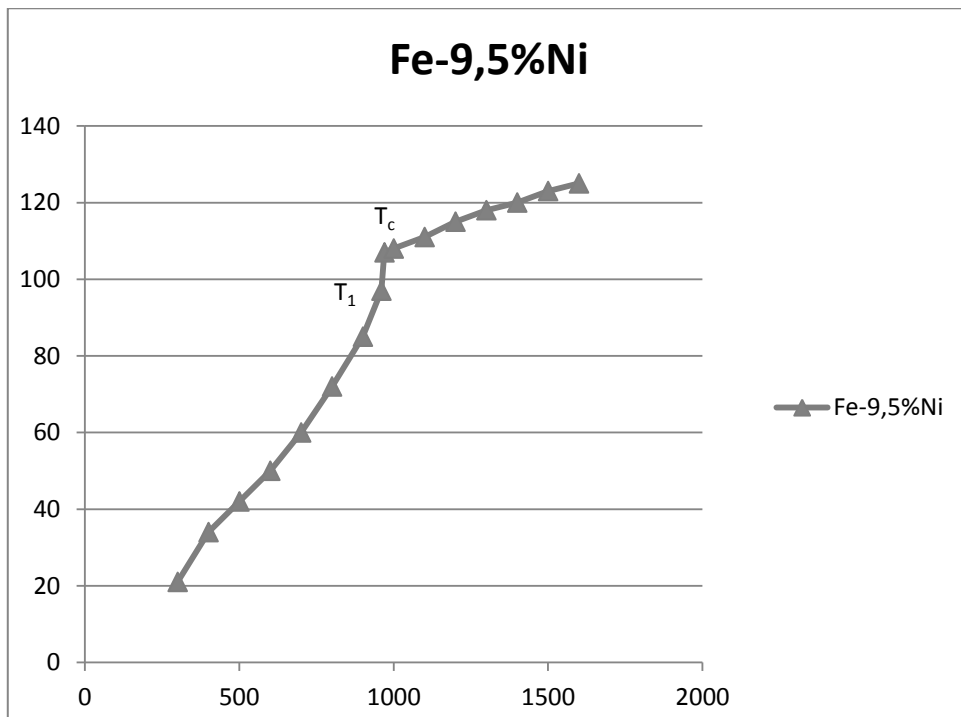


Рис. 3. Зависимость ρ_r от температуры для Fe-9,5 % Ni сплава
 $T_c = 970$; $T_1 = T_{\alpha+\gamma-\gamma} = 960$

В отличие от электросопротивления чистого железа, кривые электросопротивления указанных сплавов располагаются заметно выше, хотя $\rho_r = \rho_{\text{спл.}} - \rho_{\text{Fe}}$ не остается постоянным (нарушается правило

Маттиссена). Политермы $\rho(T)$ для составов 1; 4,9; и 9,5 % Ni подобны и имеют ярко выраженную точку Кюри. Выше 1100 К значения ρ для этих сплавов различаются незначительно.

Характер температурных зависимостей электросопротивлений железо-никелевых сплавов показывает наличие следующих деталей. Для твердых растворов никеля в железе наблюдается некое подобие правила Маттиссена, хотя эквидистантность температурных зависимостей электросопротивления, приближенно имеющая место при средних температурах, заметно нарушается при приближении к точке Кюри, а далее наблюдается даже их пересечение (концентрации 1; 4,9 и 9,5 % Ni). Общей же тенденцией для сплавов железа с никелем является некоторое уменьшение разности $\rho_r = \rho_{\text{спл.}} - \rho_{\text{Fe}}$ с ростом температуры, по крайней мере в ферромагнитной области. Значения для $\rho_r(T)$ получались путем вычисления измеренных величин электросопротивления металла при предположении равенства температур Кюри (то есть при их совмещении).

Электросопротивления сплавов анализируются нами как электросопротивления раствора $\rho_r(T)$, определяемые как разница между электросопротивлением сплава и электросопротивлением матрицы, то есть электросопротивление соответствующего металла (карбонильное железо, электролитический никель) по данным [1]. Анализируя экспериментальные данные, приходим к выводу, что добавочные электросопротивления разбавленных твердых растворов никеля с железом возрастают с температурой в ферромагнитной области и несколько уменьшаются в парамагнитной. По всей видимости, такое поведение $\rho_r(T)$ связано с рассеянием электронов проводимости на спиновых неоднородностях.

Таким образом, показано, что температурно-концентрационные зависимости электросопротивления исследованных сплавов существенно отклоняются от правила Маттиссена, причем добавочное электросопротивление может возрастать или уменьшаться с ростом температуры.

Литература

1. *Зиновьев В. Е.* Теплофизические свойства металлов при высоких температурах. Справочник. – М.: Металлургия. – 1989. – 383 с.
2. *Манжуев В. М., Талуц С. Г., Сандакова М. И. и др.* Температуропроводность и электросопротивление сплавов железо-никель при высоких температурах. Аномалии при фазовых переходах // ФММ., - 1990, № 10.