

зации процессов СВЧ ВПТ производится по минимуму КСВ в СВЧ тракте установки и максимуму концентрации заряженных или возбужденных частиц определенного вида.

Л и т е р а т у р а

- [1] Д а н и л и н Б.С., К и р е е в В.Ю. Применение низкотемпературной плазмы для травления и очистки материалов. М.: Энергоатомиздат, 1987. 264 с.
- [2] Г о л а н т В.Е., Ж и л и н с к и й А.П., С а х а - р о в С.А. Основы физики плазмы. М.: Атомиздат, 1977. 384 с.
- [3] Р а б и н о в и ч В.А., Х а в и н З.Я. Краткий химический справочник. Л.: Химия, 1978. 392 с.

Институт радиотехники
и электроники АН СССР
Саратовский филиал

Поступило в Редакцию
5 октября 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 1
05.2

12 января 1989 г.

ТЕМПЕРАТУРА КЮРИ И НАМАГНИЧЕННОСТЬ НАСЫЩЕНИЯ НИКЕЛЯ С СУБМИКРОЗЕРНИСТОЙ СТРУКТУРОЙ

Р.З. В а л и е в, Р.Р. М у л ю к о в,
Х.Я. М у л ю к о в, В.И. Н о в и к о в,
Л.И. Т р у с о в

Намагниченность насыщения I_s и температуру Кюри T_c принято считать структурно нечувствительными характеристиками ферромагнитных материалов. Однако в последние годы доказано, что у материалов в аморфном состоянии величины I_s и T_c существенно меньше, чем в кристаллическом состоянии. В этой связи представляет интерес исследование магнитных свойств субмикрозернистых (СМЗ) металлов, которые являются компактными ансамблями мелких (< 1 мкм) кристаллитов (зерен) [1, 2].

В настоящей работе исследовали магнитные свойства СМЗ металла на примере никеля с исходным размером зерна 70 нм. Образцы никеля изготавливали компактированием ультрадисперсного порошка с использованием техники высоких давлений [3]. Порошок получили путем испарения-конденсации в инертной среде. Чистота испаряемого никеля 99.99%. Структуру полученных образцов исследовали в просвечивающем электронном микроскопе.

Температурную зависимость намагниченности насыщения $I_s(T)$ измеряли с помощью вакуумных автокомпенсационных микровесов.

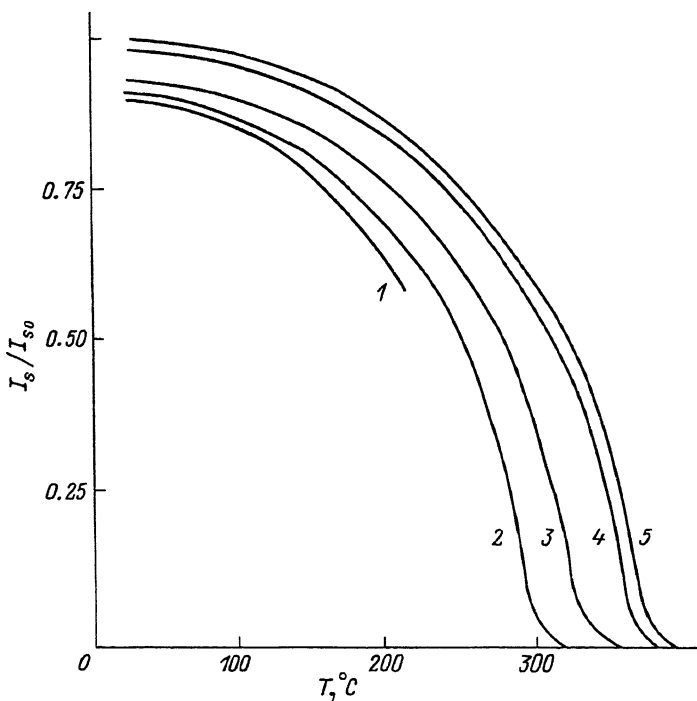


Рис. 1. Температурная зависимость намагниченности насыщения никеля с исходным размером зерен 70 нм. Кривые получены при охлаждении образца после нагрева последовательно до температур: 1 - 220, 2 - 320, 3 - 500 и 4 - 800 °С; I_{s0} - намагниченность насыщения крупнозернистого поликристалла при комнатной температуре.

Погрешность в определении изменения намагниченности насыщения не превышала 1 %, а температуры - 1 °С. В целях обеспечения одинаковых условий изменения температуры запись $I_s(T)$ проводилась при остывании образца, предварительно нагретого до соответствующей температуры. Оказалось (рис. 1), что увеличение температуры нагрева приводит, во-первых, к росту намагниченности насыщения и, во-вторых, к смещению кривой в сторону высоких температур. Это смещение прекращается только после нагрева образца до 800 °С, достигая значений, соответствующих справочным данным для никеля. Дальнейшее повышение температуры нагрева, а также выдержка образца при 800 °С не приводят к изменению положения кривых.

Температуру Кюри определили также из измерений теплоемкости образцов. Температурную зависимость теплоемкости $C_p(T)$ измеряли методом дифференциального сканирующего калориметра. В процессе измерения образцы нагревали от комнатной температуры до

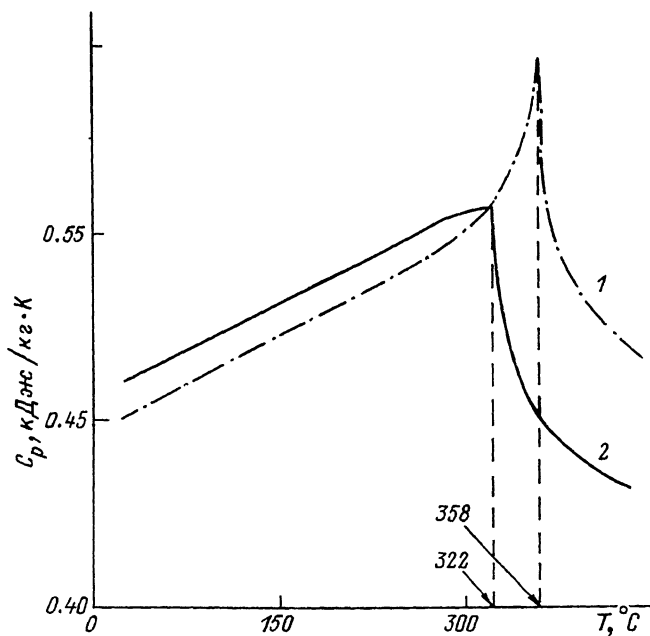


Рис. 2. Температурная зависимость удельной теплоемкости никеля: 1 - справочные данные [8], 2 - образец с исходным зерном 70 нм.

400 °С со скоростью 5 °/мин. Погрешность измерений теплоемкости не превышала 1 %, погрешность регистрации температуры не превышала 1 °С. Результаты измерений (рис. 2) подтвердили снижение температуры Кюри T_C СМЗ никеля по сравнению с T_C крупнозернистого никеля. Температурная зависимость теплоемкости исследованного СМЗ образца, так же как и справочная зависимость [4], имеет аномалию, соответствующую фазовому переходу 2 рода - переходу „ферромагнетик-парамагнетик“. По справочным данным, температура этого перехода никеля $T_C=358$ °С. У СМЗ никеля она оказалась существенно ниже - $T_C=322$ °С. Наблюдаемое некоторое сглаживание аномалии зависимости $C_p(T)$ у СМЗ металла по сравнению со справочной зависимостью $C_p(T)$ связано, по-видимому, с наложением на фазовый переход процесса рекристаллизации, сопровождающегося выделением тепла.

Структурные исследования показали, что в никеле с исходным размером зерна 70 нм при нагреве до 300 °С происходит некоторое увеличение величин зерен, и после выдержки 5 мин их размер становится равным 120 нм. После нагрева до 500 °С он составляет 400 нм, при нагреве до 800 °С - более 1000 нм. Следовательно, при нагреве до температур, соответствующих измеренным значениям T_C , исследованные образцы находились в СМЗ состоянии.

При этом, чем меньше зерно, тем больше снижается температура Кюри и намагниченность насыщения по сравнению со справочными данными (см. рис. 1).

В настоящее время трудно однозначно объяснить наблюдаемый эффект. Возможной причиной является размерный фактор, связанный с уменьшением размера зерна. Однако исследования намагниченности насыщения непосредственно в дисперсных порошках не обнаружили изменения величины I_s [5]. Другой, более вероятной причиной, может быть чрезвычайно большая протяженность межзеренных границ в СМЗ материалах. Между тем, границы зерен имеют более "рыхлую" искаженную структуру по сравнению с решеткой кристалла [2]. Поэтому для них, по аналогии с аморфным состоянием, можно ожидать значительного снижения величин I_s и T_c . Это в свою очередь может привести к снижению этих величин для всего СМЗ материала.

Л и т е р а т у р а

- [1] Морохов И.Д., Трусов Л.И., Лаповок В.И. Физические явления в ультрадисперсных средах. М.: Наука, 1984. 320 с.
- [2] Кайбышев О.А., Валиев Р.З. Границы зерен и свойства металлов. М.: Металлургия, 1987. 214 с.
- [3] Новиков В.И., Ганелин В.Я., Трусов Л.И. и др. // Металлофизика. 1986. Т. 8. № 2. С. 111-113.
- [4] Зиновьев В.Е. Кинетические свойства металлов при высоких температурах. Справочник. М.: Металлургия, 1984. 200 с.
- [5] Шабанова И.Н., Ермакова А.Е., Трапезников А.В., Шур Я.С. // ФММ. 1974. Т. 38. В. 2. С. 314-318.

Поступило в Редакцию
4 ноября 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 1
05.4

12 января 1989 г.

ВЛИЯНИЕ ОБРАТНОГО ПЬЕЗОЭФФЕКТА НА ТЕМПЕРАТУРУ СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО ПЕРЕХОДА

К.В. Дьяконов, Ю.В. Илизавский,
Э.З. Яркинд

В работах [1-3] экспериментально исследовано влияние одноосной деформации на сверхпроводящее состояние тонких пленок различных металлов. Полученные результаты свидетельствуют о линейном характере зависимости смещения температуры сверхпроводящего перехода T_c от деформации (вплоть до деформаций $\sim 10^{-2}$) и согласуются с данными по гидростатическому сжатию тех же материалов [4].