

АНТИФЕРРОМАГНЕТИЗМ И ВОЗВРАТНОЕ СПИНОВОЕ СТЕКЛО В РАЗУПОРЯДОЧЕННЫХ СПЛАВАХ Ni - Mn

А.Д.Гезалян, С.В.Шульпекова

ЦНИИ черной металлургии им. И.П.Бардина
107005, Москва

Поступила в редакцию 29 апреля 1991 г.

После переработки 3 июня 1991 г.

Методами нейтроноструктурного анализа и измерений магнитной восприимчивости впервые обнаружено образование возвратного спинового стекла из антиферромагнитной фазы в сплавах Ni - Mn. Установлен кластерный механизм формирования спинового стекла из смежных магнитных состояний.

В системе Ni - Mn ожидается концентрационный ферро-антиферромагнитный (ФМ - АФМ) переход, сопровождающийся образованием спинового стекла (СС). СС при температурном ПМ - ФМ - СС переходе изучалось в работах ^{1,2} с точки зрения смешанных обменных взаимодействий. Но возвратное СС при ПМ - АФМ - СС переходах экспериментально практически не изучено. Кроме того, магнитные состояния сплавов системы Ni - Mn сильно зависят от атомного упорядочения ³.

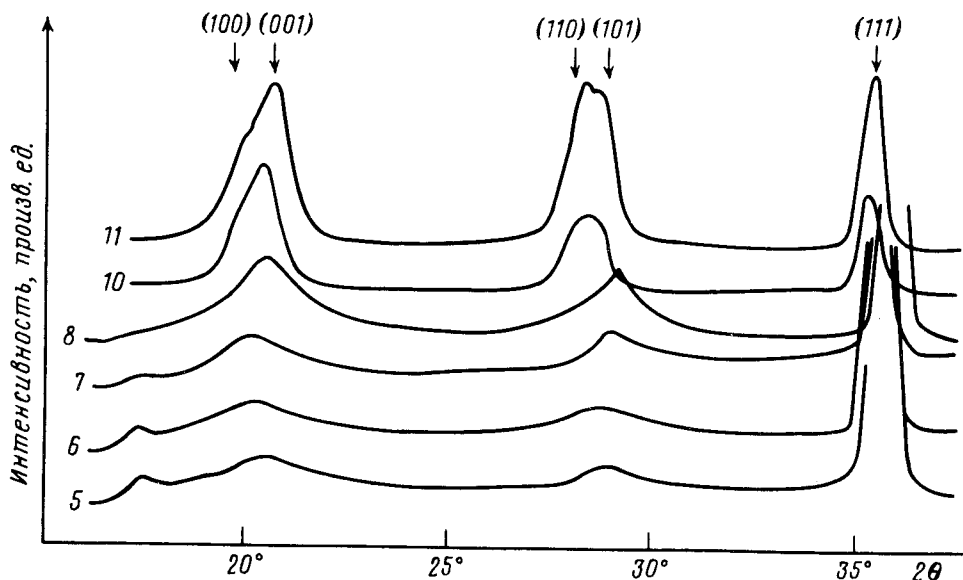


Рис. 1. Нейтронограммы закаленных сплавов: 5 - 29,0%Mn, 6 - 30,9%Mn, 7 - 33,3%Mn, 8 - 35,4%Mn, 10 - 41,7%Mn, 11 - 45,4%Mn

Нейтронографические исследования показывают, что в закаленных сплавах формируются области, где сохраняется ближний атомный и магнитный порядок. Нейтронограммы на рис.1 отражают рост ближнего порядка, свидетельствующий о вкладе в интенсивности антиферромагнитного интерметаллида NiMn. Эти упорядоченные области, в зависимости от содержания Mn, можно представить в виде ФМ или АФМ кластеров. С повышением концентрации $c_{Mn} > 25\%$ (всюду ат.%) вместе с ФМ кластерами рождаются АФМ кластеры, благодаря предвыделению интерметаллида NiMn, который является

АФМ с аномально высокой температурой Нееля $T_N = 1073 \pm 40$ К. Поэтому в настоящей работе СС трактуется как кластерное СС.

В ⁴ предложена модель взаимодействующих ФМ и АФМ кластеров, в которой замороженное состояние возникает в результате блокировки магнитных моментов суперпарамагнитных (СПМ) кластеров в полях обменной анизотропии. В сплавах Ni - Mn из-за флуктуаций состава могут образовываться области различных размеров, обогащенные Mn (АФМ) и Ni (ФМ). АФМ области обладают большей анизотропией, чем ФМ ⁵. При высоких температурах такие области ведут себя как СПМ. В процессе охлаждения сначала реализуются крупные АФМ области, и вследствие сильного обменного взаимодействия на границе, разделяющей ФМ и АФМ кластеры, происходит блокировка магнитных моментов ФМ кластеров, сопровождающихся возникновением магнитных необратимостей. Дальнейшее понижение температуры приводит к реализации более мелких АФМ областей, а, следовательно, новые ФМ кластеры блокируются в полях обменной анизотропии.

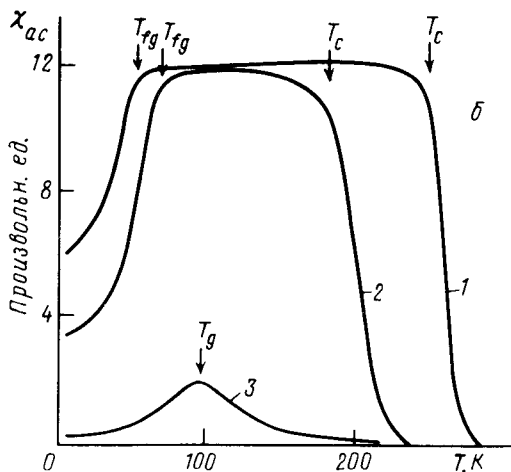
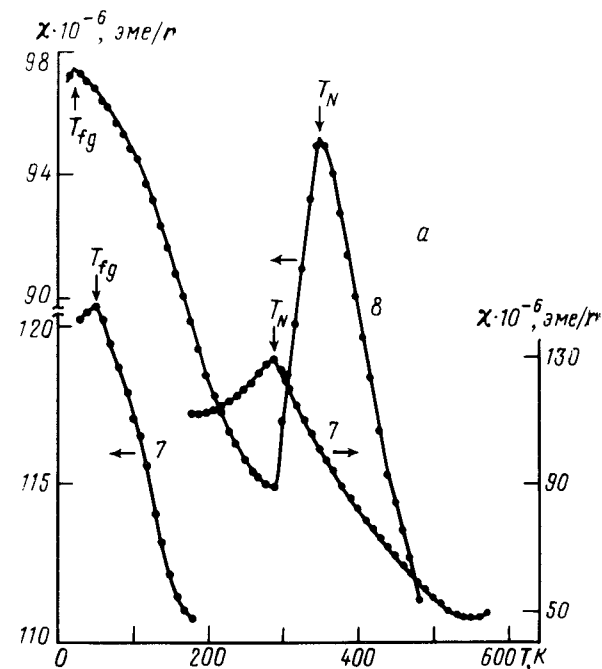


Рис. 2. Температурные зависимости магнитной восприимчивости сплавов а - сплавы АФМ - 7 - 33,3%Mn, 8 - 35,4%Mn; б - сплавы ФМ - 1 - 21,2%Mn, 2 - 23,1%Mn; СС - 3 - 25,3%Mn

Здесь на сплавах Ni - Mn, расположенных вблизи критической концентрации возникновения дальнего АФМ порядка, впервые продемонстрирована возможность протекания температурного перехода ПМ - АФМ - СС. На рис. 2а показаны температурные зависимости магнитной восприимчивости, полученные по методу Фарадея. Они демонстрируют сосуществование дальнего АФМ порядка и СС. Дело в том, что переход ПМ - ФМ - СС можно обнаружить измерением дифференциальной магнитной восприимчивости χ_{ac} , в зависимости от температуры, в слабом магнитном поле ($H_0 = 0,5$ Э) (рис.2б) из-за достаточно сильных взаимодействий ФМ кластеров. Но с повышением c_{Mn} эти ФМ кластеры раздробливаются на мелкие кластеры с сосуществующими растущими АФМ кластерами, что и затрудняет обнаружение перехода ПМ - АФМ - СС в слабом поле. Только измерение магнитной восприимчивости χ по методу Фарадея в большом магнитном поле - 1,8 и 2,4 кЭ на образцах 7 и 8 (рис.2а) привело к выявлению перехода ПМ - АФМ - СС. Величина χ в пике при температуре T_{fg} на образце 8 меньше соответствующей величины на образце 7, что подтверждает мелкость замороженных ФМ кластеров. Нейтронографически ⁶ АФМ обнаружен в поликристаллических образцах при $c_{Mn} \geq 35\%$, однако точки Нееля T_N не определялись из-за слабого брэгговского пика и явной температурной зависимости диффузного рассеяния. В настоящей работе вместе с обнаружением АФМ определены также T_N , температуры замерзания СС T_{fg} (на 7 и 8), и одновременно уточнена c_{Mn}^{KP} появления АФМ.

Расчеты температур Кюри T_C ФМ фазы для образцов 1 и 2 (рис.2б) по формуле, приведенной в ⁷, хорошо согласуются с экспериментальными данными ($T_C = 246$ К и 182 К).

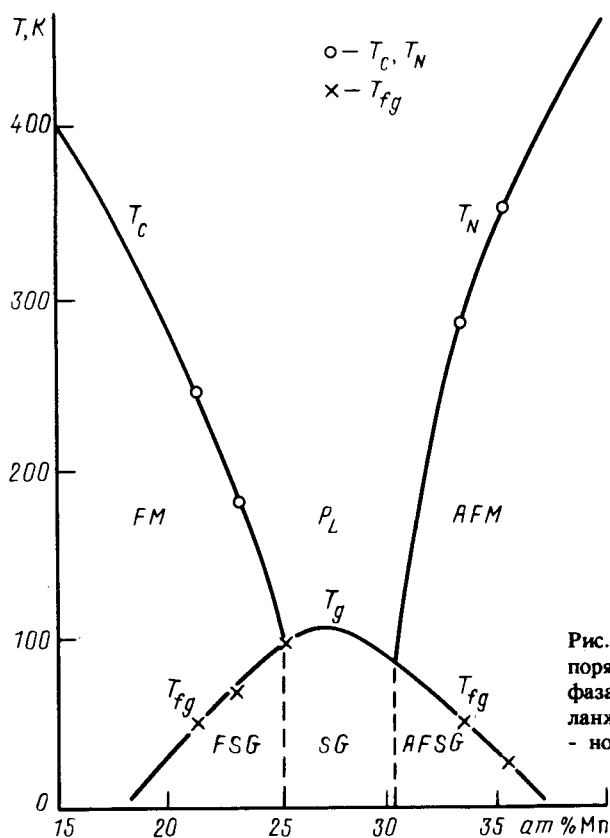


Рис. 3. Магнитная фазовая диаграмма разупорядоченных Ni - Mn сплавов FM - ФМ фаза, AFM - АФМ фаза, P_L - область ланжевеновского ПМ, FSG - ФМ и СС, SG - нормальное СС, AFSG - АФМ и СС

На рис.3 приведена полная магнитная фазовая диаграмма, ФМ часть которой согласуется с данными ¹. Видно, что ланжевенский парамагнетик, охлаждаясь, окончательно превращается в состояние либо нормального (или обычного), либо возвратного СС, в зависимости от c_{Mn} .

Таким образом, в данной работе подтверждена концепция кластерного СС при формировании дальнего атомного порядка и впервые обнаружено возвратное СС в сплавах Ni - Mn при $c_{Mn} > 30\%$.

В заключение авторы благодарят Гоманькова В.И., Третьякова Б.Н. и Сумина В.В. за обсуждение результатов и помощь в эксперименте.

Литература

1. Abdul-Razzag W., Kouvel J. Phys. Rev., 1987, B35, 1764.
 2. Гребенюк Ю.П., Гавриленко М.В. и др. Препринт ИМФ, Киев, 1989, с.27.
 3. Гоманьков В.И., Гезалян А.Д., Третьяков Б.Н. и др. ФММ, 1990, N 12, 49.
 4. Kouvel J. J. Phys. Chem. Solids, 1963, 24, 795.
 5. Neel L. Adv. Phys., 1955, 4, 191.
 6. Mose O., Hicks T., Blanckenhagen P. J. Magn. Magn. Mat., 1984, 42, 103.
 7. Tange H., Tokunaga T., Goto M. J. Phys. Sos. Japan, 1978, 45, 105.
-