

A CHANGE IN EXCHANGE AND MAGNETOCRYSTALLINE INTERACTIONS OF INTERMETALLIC COMPOUNDS UPON HYDROGENATION AND NITROGENATION

Nikitin S.A.*, Tereshina I.S.⁽¹⁾

Department of Physics, M.V. Lomonosov Moscow State University,
Leninskie Gory, Moscow, 119992, Russia

⁽¹⁾ A.A. Bajkov Institute of Metallurgy and Material Science RAS
Leninski pr. 49, Moscow, 119991, Russia

Introduction

The insertion of light interstitial elements in the intermetallic compound's crystalline lattice results in an apparent change the temperature of magnetic ordering, magnetization, magnetic anisotropy and spin-reorientation transitions [1,2]. The purpose of the work is to systematic study of the respective influence of hydrogenation and nitrogenation on the magnetic ordering temperatures, exchange and magnetocrystalline interactions of R_2Fe_{17} and $RFe_{11}Ti$ compounds.

Results and discussion

Thermomagnetic analysis was used to measure the temperature of magnetic ordering (T_C) of host compounds, their hydrides and nitrides. A strong raise of the magnetic ordering temperatures upon hydrogenation and nitrogenation is observed (the maximum increase of T_C is about 150 K for $R_2Fe_{17}H_3$ and 350K for $R_2Fe_{17}N_{2.5}$; 50 K for the $RFe_{11}TiH$ and 200 K for $RFe_{11}TiN$). The magnetic ordering temperatures were observed to decrease in the order $R = Gd, Tb, Dy, Ho$ and Er for host compounds, their hydrides and nitrides.

The analysis of experimental data were carried out using molecular field theory. It is showed within the framework of this theory that T_C are determined by the Fe-Fe, R-Fe and R-R exchange interactions and depends on de Genner factor ($G=(g_J-1)^2 J(J+1)$) of rare-earth ions.

Using experimental data for magnetic anisotropy of host compounds, their hydrides and nitrides, we calculated a variation of crystalline fields upon the insertion of hydrogen and nitrogen in crystalline lattice.

Conclusion

It was concluded that 1) Fe-Fe interaction increases upon hydrogenation and nitrogenation

for R_2Fe_{17} and $RFe_{11}Ti$ compounds, that (2) hydrogen and nitrogen introduction, on the contrary, decreases the R - R interaction, that (3) nitrogen introduction changes the Fe - Fe and R - R interactions much stronger than hydrogen introduction which is attributed to the larger increase of the Fe - Fe and R - R distances upon nitrogenation than upon hydrogenation and that (4) R-Fe interaction is enhanced for hydrides $R_2Fe_{17}H_3$ and $RFe_{11}TiH$, whereas is decreased for nitrides $R_2Fe_{17}N_{2.5}$ and $RFe_{11}TiN$.

The effects of the hydrogen and nitrogen atoms on the rare-earth sublattice anisotropy have been found to be opposite and this is determined by the orientation of the quadrupole moment q of the asymmetric 4f shell with respect to the direction of the resulting magnetic moment of 4f electrons.

The work has been supported by the Federal Program on Support of Leading Scientific School Grant NSH -205.2003.2 and RFBR Grant № 02-02-16523.

References

1. Nikitin S.A., Tereshina I.S., Verbetsky V.N., Salamova A.A. Transformations of magnetic phase diagram as a result of insertion of hydrogen and nitrogen atoms in crystalline lattice of $RFe_{11}Ti$ compounds, *J. Alloys and Compounds*, 2001; 316: 46-50.
2. Tereshina I.S., Nikitin S.A., Verbetsky V.N., Salamova A.A. Transformations of magnetic phase diagram as a result of insertion of hydrogen and nitrogen atoms in crystalline lattice of R_2Fe_{17} compounds, *J. Alloys and Compounds*, 2002; 336: 36-40.

* Факс: (095) 939 8820

E-mail: nikitin@rem.phys.msu.su

ИЗМЕНЕНИЕ ОБМЕННЫХ И МАГНИТОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ ПРИ ГИДРИРОВАНИИ И АЗОТИРОВАНИИ

Никитин С.А.*, Терешина И.С.⁽¹⁾

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Ленинские горы, Москва, 119992, Россия

⁽¹⁾ Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН
Ленинский проспект 49, Москва, 119991, Россия

Введение

Атомы легких элементов внедрения сильно воздействуют на температуры магнитного упорядочения, намагниченность, магнитную анизотропию и спин-переориентационные фазовые переходы в интерметаллидах [1,2].

Целью данной работы явилось систематическое исследование влияния гидрирования и азотирования на температуры магнитного упорядочения, обменные и магнитокристаллические взаимодействия в соединениях $RFe_{11}Ti$ и R_2Fe_{17} .

Результаты и обсуждение

Термомагнитный анализ использован для определения температур магнитного упорядочения исходных соединений, их гидридов и нитридов. Обнаружено сильное возрастание температур магнитного упорядочения при гидрировании и азотировании (максимальное возрастание T_C составляет около 150 К для $R_2Fe_{17}H_3$ и 350 К для $R_2Fe_{17}N_{2.5}$; 50 К для $RFe_{11}TiH$ и 200 К для $RFe_{11}TiN$). Показано, что температуры магнитного упорядочения уменьшаются в последовательности $R = Gd, Tb, Dy, Ho$ и Er как для исходных соединений, так и их гидридов и нитридов.

Анализ экспериментальных данных выполнен на основе теории молекулярного поля. В рамках этой теории показано, что температура магнитного упорядочения определяется обменными взаимодействиями $Fe-Fe$, $R-Fe$, $R-R$ и зависит от спинового фактора де Жана редкоземельных ионов $G = (g_J - 1)^2 J(J + 1)$.

Из экспериментальных данных для констант магнитной анизотропии исходных составов, их гидридов и нитридов определено изменение параметров кристаллического поля в результате внедрения атомов водорода и азота в кристаллическую решетку.

Выводы

Найдено, что 1) $Fe-Fe$ обменные взаимодействия возрастают при гидрировании и азотировании для $RFe_{11}Ti$ и R_2Fe_{17} ; 2) введение водорода и азота, наоборот, уменьшает $R-R$ обменное взаимодействие; 3) введение атомов азота изменяет обменные взаимодействия $Fe-Fe$ и $R-R$ много сильнее, чем введение атомов водорода, что связано с большим возрастанием межатомных расстояний $Fe-Fe$ и $R-R$ при азотировании, чем при гидрировании; 4) $R-Fe$ обменное взаимодействие усиливается для гидридов $R_2Fe_{17}H_3$ и $RFe_{11}TiH$, в то время как для нитридов $R_2Fe_{17}N_{2.5}$ и $RFe_{11}TiN$ уменьшается.

Установлено, что атомы водорода и азота противоположным образом влияют на магнитную анизотропию R_3 подрешетки, причем этот эффект зависит от ориентации квадрупольного момента ассиметричной $4f$ -подоболочки R_3 иона относительно направления его результирующего магнитного момента.

Работа поддержана федеральной программой поддержки ведущих научных школ грант НШ - 205.2003.2 и грантом РФФИ № 02-02-16523.

Литература

1. Nikitin S.A., Tereshina I.S., Verbetsky V.N., Salamova A.A. Transformations of magnetic phase diagram as a result of insertion of hydrogen and nitrogen atoms in crystalline lattice of $RFe_{11}Ti$ compounds, *J. Alloys and Compounds*, 2001; 316: 46-50.
2. Tereshina I.S., Nikitin S.A., Verbetsky V.N., Salamova A.A. Transformations of magnetic phase diagram as a result of insertion of hydrogen and nitrogen atoms in crystalline lattice of R_2Fe_{17} compounds, *J. Alloys and Compounds*, 2002; 336: 36-40.

* Факс: (095) 939 8820 E-mail: nikitin@rem.phys.msu.ru