

ВЛИЯНИЕ ГИДРИРОВАНИЯ НА МАГНИТНЫЕ И МАГНИТОУПРУГИЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛА $\text{Lu}_2\text{Fe}_{17}$

Терешина Е.А.^{(1)*}, Терешина И.С.⁽²⁾, Никитин С.А.⁽¹⁾, Андреев А.В.⁽³⁾, Iwasieczko W.⁽⁴⁾, Drulis H.⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Физический факультет, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, 119992, Россия

⁽²⁾ Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, Москва, 119991, Россия

⁽³⁾ Institute of Physics ASCR, 18221 Prague, Czech Republic

⁽⁴⁾ Institute of Low Temperatures and Structure Research PAS, Wroclaw, 50-950, Poland

* Факс: (095) 932-88-20

E-mail: janety@mail.ru

Введение

Отличительной особенностью интерметаллических соединений редкая-земля – железо со стехиометрической формулой R_2Fe_{17} является то, что их магнитные свойства сильно зависят от объема элементарной ячейки и межатомных расстояний. Это проявляется в значительном смещении температуры магнитного упорядочения T_C при действии гидростатического давления [1].

Среди соединений R_2Fe_{17} соединение $\text{Lu}_2\text{Fe}_{17}$ является наименее изученным из-за сложности получения больших монокристаллов в высокочистом состоянии. Было установлено [2], что небольшие неконтролируемые примеси приводят к подавлению антиферромагнитного состояния и смещают T_C в область высоких температур. Магнитные свойства монокристалла $\text{Lu}_2\text{Fe}_{17}$, полученного из высокочистых компонентов, обеспечивают более полной информацией о поведении железной подрешетки в соединениях R_2Fe_{17} . Целью настоящей работы является изучение влияния гидрирования на магнитные и магнитоупругие свойства монокристалла $\text{Lu}_2\text{Fe}_{17}$.

Результаты и обсуждение

Интерметаллическое соединение $\text{Lu}_2\text{Fe}_{17}$ кристаллизуется в разупорядоченном варианте гексагональной структуры типа $\text{Th}_2\text{Ni}_{17}$ с пространственной группой $\text{P6}_3/\text{mmc}$ [2]. Известно [3], что соединения R_2Fe_{17} способны поглощать до 5 н.ат./ф. ед. и образуют стабильные гидриды. Водород занимает октаэдрические позиции для $x \leq 3$ (x – концентрация поглощенных атомов водорода).

На рис. 1 показана температурная зависимость намагниченности $\sigma(T)$ соединения $\text{Lu}_2\text{Fe}_{17}$. На кривой $\sigma(T)$ имеются некоторые особенности: 1) резкий спад намагниченности при $T = 180$ К (переход из ферромагнитного (ФМ) в антиферромагнитное (АФМ) состояние), сопровождаемый значительным гистерезисом; и 2) слабый максимум, типичный для перехода АФМ-ПМ (парамагнетик) с

температурой Нееля $T_N = 275$ К, который хорошо согласуется с литературными данными [4]. Гидрирование также приводит к подавлению АФМ и индуцированию ФМ состояния в монокристалле $\text{Lu}_2\text{Fe}_{17}$. В результате гидрирования температура Кюри возрастает и достигает значения $T_C = 400$ К (см. рис. 2).

Этот эффект может быть объяснен как в рамках модели локализованных, так и в модели коллективизированных электронов.

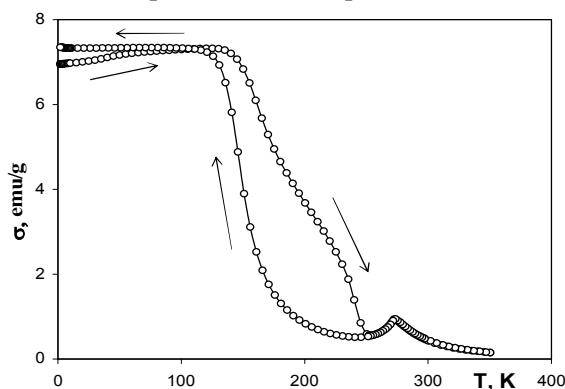


Рис.1. Температурная зависимость намагниченности монокристалла $\text{Lu}_2\text{Fe}_{17}$ в магнитном поле $H = 100$ Э.

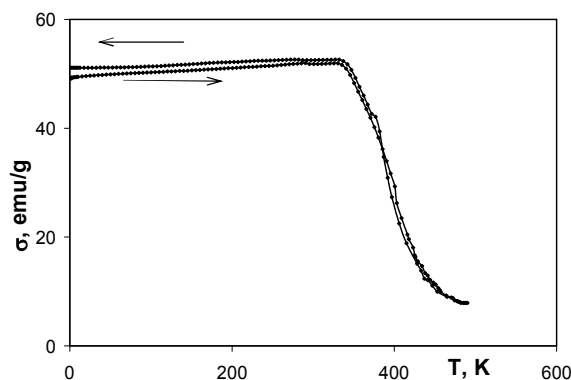


Рис.2. Температурная зависимость намагниченности монокристалла $\text{Lu}_2\text{Fe}_{17}\text{H}_{1.5}$ в магнитном поле $H = 500$ Э.

Предполагая, что увеличение температуры Кюри монокристалла $\text{Lu}_2\text{Fe}_{17}\text{H}_{1.5}$, главным образом, связано с увеличением обменного интеграла в результате увеличения объема элементарной ячейки, мы рассчитали изменение T_C , используя следующую формулу:

$$\Delta T_C = -\frac{T_C}{\chi} \frac{\Delta V}{V} \frac{d \ln T_C}{dp}$$

где χ – сжимаемость. Для $\text{Lu}_2\text{Fe}_{17}$ значения $\chi = 1.03 \cdot 10^{-3} \text{ кбар}^{-1}$ и $d \ln T_N / dp = -19 \cdot 10^{-3} \text{ кбар}^{-1}$ [1]. Было обнаружено, что рассчитанное значение $\Delta T_C = 55 \text{ К}$ меньше, чем наблюдаемое – $\Delta T_C = 125 \text{ К}$. Расчет возрастания температуры Кюри в рамках теории спиновых флуктуаций [5] дает завышенное значение – $\Delta T_C = 175 \text{ К}$.

Исходное соединение $\text{Lu}_2\text{Fe}_{17}$ имеет метамангнитный переход из АФМ в индуцированное внешним магнитным полем ФМ состояние в случае, когда магнитное поле приложено вдоль оси с. Температурная зависимость критического поля $H_{CR}(T)$ представлена на рис. 3.

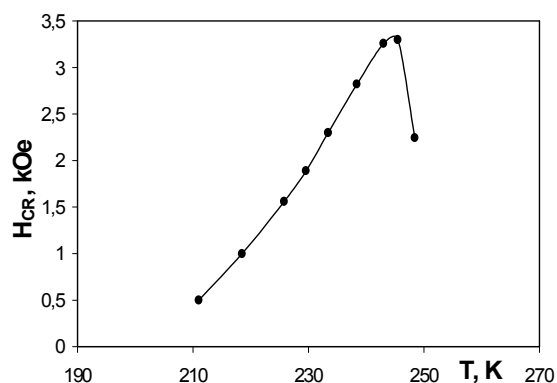


Рис. 3. Температурная зависимость критического поля в монокристалле $\text{Lu}_2\text{Fe}_{17}$.

Как видно из рис. 3, H_{CR} возрастает с увеличением температуры, имеет узкий максимум и резко уменьшается при достижении температуры Нееля. Таким образом, магнитное поле $H \geq 3,5 \text{ кЭ}$ подавляет АФМ состояние в соединении $\text{Lu}_2\text{Fe}_{17}$.

Для получения информации о магнитоупругости (МУ) монокристалла $\text{Lu}_2\text{Fe}_{17}$ были изучены температурные и полевые зависимости продольной МУ в области температур 77 – 300 К в магнитных полях до 12 кЭ, приложенных вдоль и поперек гексагональной оси с [001] (см. рис. 4).

С увеличением температуры и приближением к температуре магнитного упорядочения (где парапроцесс играет наиболее важную роль) значения МУ λ_{ss} и λ_{ac} значительно возрастают, достигая максимальных значений.

Гидрирование монокристалла $\text{Lu}_2\text{Fe}_{17}$ приводит к уменьшению магнитоупругостных деформаций до нулевого значения во всем исследуемом интервале температур 77-300 К.

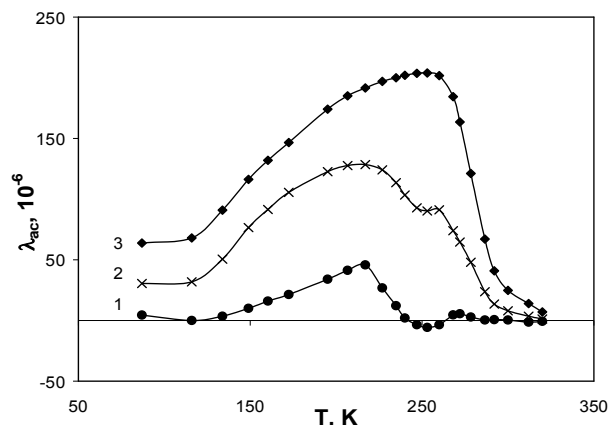


Рис. 4. Температурная зависимость поперечной магнитоупругости λ_{ac} в $\text{Lu}_2\text{Fe}_{17}$, измеренная в магнитных полях: 1 – 2; 2 – 6,5; 3 – 12 кЭ.

Закключение

Таким образом, обнаружено, что гидрирование приводит к изменению магнитного состояния соединения $\text{Lu}_2\text{Fe}_{17}$ – подавлению АФМ и индуцированию ФМ состояний; и, кроме того, к изменению магнитоупругих взаимодействий в результате увеличения межатомных расстояний.

Эта работа поддержана Федеральной Программой поддержки ведущих научных школ НШ -205.2003.2 (Россия).

References

1. Kamarad J., Arnold Z., Medvedeva I.V., Kuchin A.G. Metamagnetic behaviour and phase diagram of $\text{Lu}_2\text{Fe}_{17}$ under high pressure. *J. Magn. Mater.* 2002;242-245:876-878.
2. Tereshina I.S., Nikitin S.A., Stepien-Damm J., Gulay L.D., Pankratov N.Yu., Salamova A.A., Verbetsky V.N., Suski W. Structural and magnetic properties of $\text{Lu}_2\text{Fe}_{17}\text{H}_x$ ($x = 0; 3$) single crystals. *J. Alloys and Compounds* 2001; 329:31-36.
3. Isnard O., Miraglia S., Soubeyroux J.L., Fruchart D., and Stergiou A. Neutron diffraction study of the structural and magnetic properties of the $\text{R}_2\text{Fe}_{17}\text{H}_x(\text{D}_x)$ ternary compounds ($\text{R} = \text{Ce}, \text{Nd}$ and Ho). *J. Less-Common Met.* 1990; 162: 273-280.
4. Givord D., Givord F., Lemaire R. Magnetic properties of iron compounds with yttrium, lutetium and gadolinium. *Colloque, suppl.* 1971; 32(2-3):668-669.
5. Гребенников В.И., Гудин С.А. Спиновые флуктуации и температура Кюри в соединениях R_2M_{17} с немагнитными элементами. *Физика твердого тела* 1999;41(1):77-83