

热处理过程对 $\text{Cr}_{75}(\text{Fe}_{0.67}\text{Mn}_{0.33})_{25}$ 合金磁性的影响

徐未名

(中国科学院低温技术实验中心, 北京 100080)

(1995 年 12 月 5 日收到; 1996 年 3 月 18 日收到修改稿)

利用 Mössbauer 谱和磁测量方法对经过适当热处理的 $\text{Cr}_{75}(\text{Fe}_{0.67}\text{Mn}_{0.33})_{25}$ 合金的磁性进行了研究. 结果表明合金中原子的化学分布对合金的磁有序状态的形成起重要作用. 通过热处理过程影响合金中的富 Cr、富 Fe 原子集团, 引起反铁磁、铁磁转变温度的升高. 合金中的富 Cr、富 Fe 原子集团导致合金中的磁相分离.

PACC: 8140R

1 引 言

理论研究认为^[1-3], 存在铁磁、反铁磁相互作用的合金的磁状态往往受合金中原子化学分布的影响. 这是由于某一局域磁矩周围的局域磁矩的分布引起相互作用的竞争, 可以改变这一局域磁矩的方向. 这一效应被称为局域环境效应(local environment effect).

利用 Mössbauer 效应及磁测量方法对 $\text{Cr}_{75}(\text{Fe}_{0.67}\text{Mn}_{0.33})_{25}$ 合金的磁性进行了研究^[4,5], 结果表明局域环境效应对该合金的磁有序性质起重要作用. Cr-Fe (或 Cr-Fe-Mn 合金) 中存在一条互溶隙(miscibility gap)^[6], 使得该合金在经过适当的热处理后可在合金中分离出富 Fe 和富 Cr 的原子集团. Cr-Fe-Mn 合金为在实验中研究原子的短程化学分布对合金磁有序性质的影响提供了可能性.

本工作对 $\text{Cr}_{75}(\text{Fe}_{0.67}\text{Mn}_{0.33})_{25}$ 合金进行了不同的热处理. 利用 Mössbauer 效应、磁测量等方法对其磁有序状态进行了研究.

2 实 验

样品在电弧炉中反复熔化四次, 然后在 1373 K 保温 1 h 后在水中淬火, 称这种样品为第一类样品. 将部分第一类样品在 993 K 重新保温 11 d 然后在水中淬火, 称经如此热处理后的样品为第二类样品. 再把部分第二类样品在互溶隙温度附近(703 K)保温 47 d 后温度降至 683 K 保温 7 d, 再在水中淬火后得到第三类样品.

X 射线衍射结果表明, 三类样品皆为 bcc 结构, 热处理过程对晶格常数无影响. 从理论上分析, 第一类样品中, Cr, Fe, Mn 原子应在晶格中随机均匀分布. 第二类样品中, 由于

重新保温温度 993 K 仍远高于互溶隙, 保温时间加长, Cr, Fe, Mn 原子在合金中可能会分布得更均匀, 也可能由于保温时间较长, 某些富 Cr(Mn)、富 Fe 原子集团分离出来. 第三类样品由于保温温度在互溶隙附近, 保温时间很长, 样品中应形成富 Cr(Mn), 富 Fe 的原子集团.

利用标准 Mössbauer 谱仪及振动样品磁强计对样品进行了测量, 实验装置参见文献 [4]. 图 1 为不同温度下第一类样品的 Mössbauer 谱, 图 2 为第三类样品的 Mössbauer 谱, 谱中实线为拟合曲线. 由图 1, 图 2 可见, 在一定温度下所得的 Mössbauer 谱为展宽的谱,

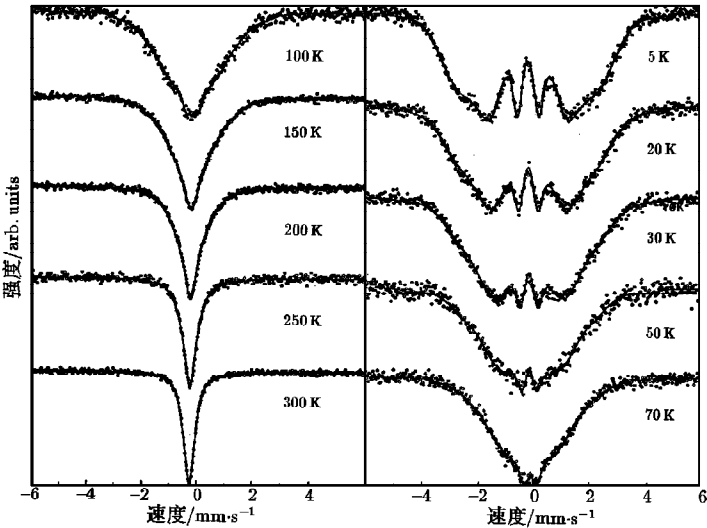


图 1 不同温度下第一类样品的 Mössbauer 谱 实线为拟合曲线

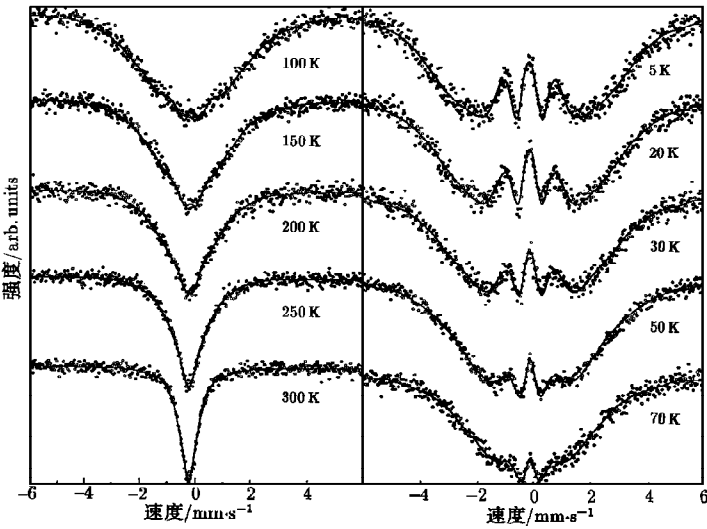


图 2 不同温度下第三类样品的 Mössbauer 谱 实线为拟合曲线

不是由清晰可辨的几套分立谱组成的.如用局域环境效应来解释 Cr-Fe-Mn 合金的磁性,铁原子的局域磁矩受其最近邻原子交换相互作用的影响,其大小随最近邻 Fe , Cr , Mn 原子分布的不同而不同.这不同的局域磁矩在 Mössbauer 谱中有着不同的超精细场值,即此时的超精细场值不是单一的或几个,因此,宜用一个超精细场的分布来描述.用连续谱程序对所有谱线进行拟合,拟合中,超精细场采用了 45 个不同的值,从最小超精细场值以相等间隔增加到最大值.最小、最大超精细场值在拟合中按不同测量温度下谱线形状选定.利用超精细场分布概率 $P(H)$ 对超精细场 H 积分,可以得到平均超精细场值 H_m .利用此方法拟合得到不同温度下第一类样品的超精细场分布(图 3);图 4 为第三类样品的超精细场分布.

在磁测量中,从 Arrott 曲线中得到第一类样品的 T_c 为 133 K,第三类样品的 T_c 为 236 K.由图 3,图 4 可见,在远高于 T_c 值时,有不为零的超精细场的分布,即在此温区存在某种形式的磁耦合,同时存在顺磁相.我们曾在此温区作过加外磁场 Mössbauer 谱测量^[5],所加外磁场的方向平行于 γ 射线的传播方向.所得最好拟合结果的超精细场中包括了两部分:一部分选用 Mössbauer 谱的第二、第五峰的强度为零,所得内场重合在为零的超精细场附近,即为顺磁相.另一部分的第二、第五峰的强度不为零,内场与外磁场方向夹角为 90° ,对应于反铁磁相.此结果表明在此温区反铁磁相、顺磁相共存,即此温区内不为零的超精细场分布是由于反铁磁相的存在而引起的.第一类样品的反铁磁转变温度约为 275 K.第三类样品在 300 K 已存在不为零的超精细场分布,可知其反铁磁转变温度在室温以上.

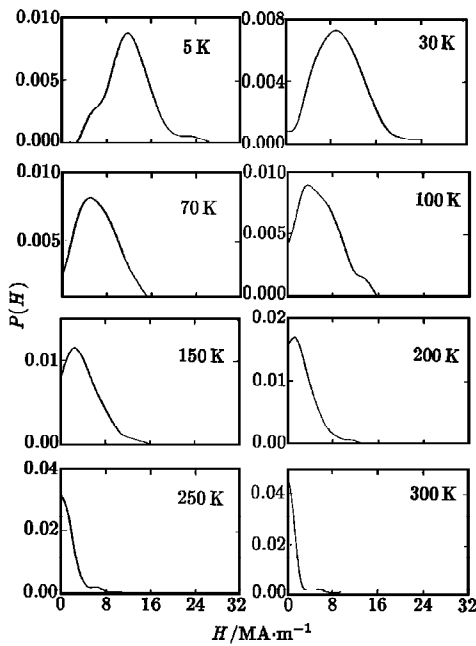


图 3 不同温度下第一类样品的超精细场分布

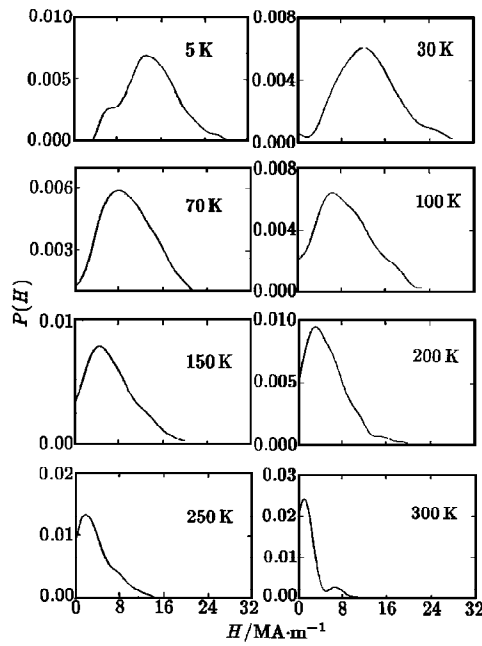


图 4 不同温度下第三类样品的超精细场分布

为便于比较,将三类样品的平均超精细场与温度的关系示于图 5. 由图 5 可见,在 50 K 以上时,第一、第二类样品的平均超精细场相同;在低于 50 K 时,第二类样品的平均超

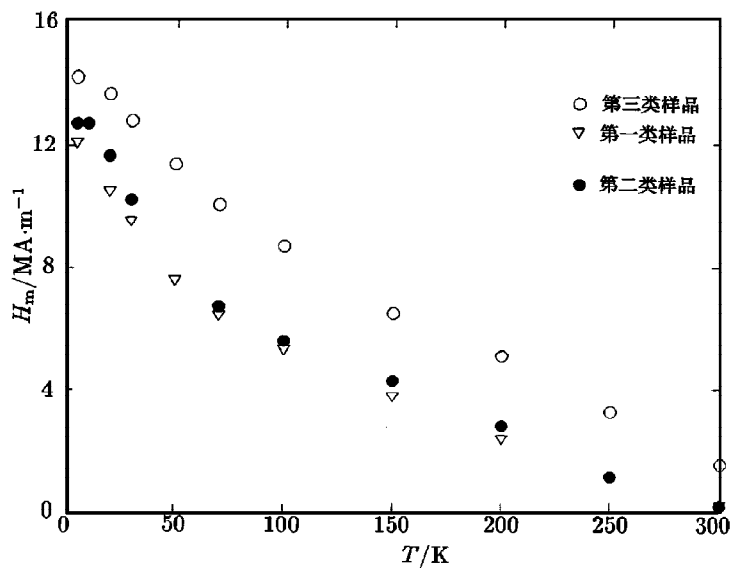


图 5 三类样品的平均超精细场与温度的关系曲线

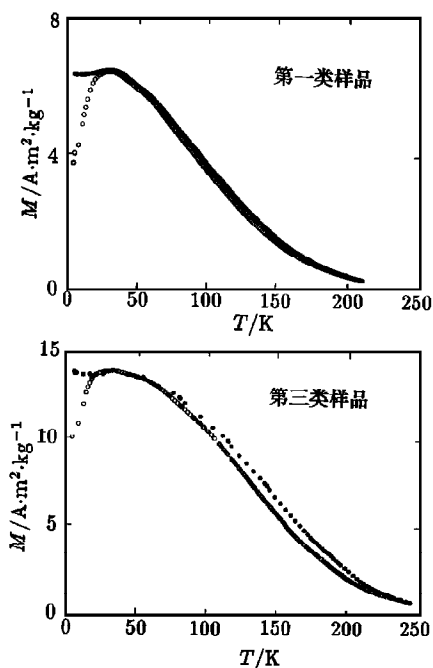


图 6 第一、第三类样品的磁化强度与温度的关系曲线 ○为零场冷却, ●为加外场冷却

精细场比第一类样品稍高,而第三类样品的平均超精细场值在整个温区都显著增高。

在铁磁转变温度 T_c 下, T_c 以上形成的反铁磁相仍保存下来,而原与反铁磁相共存的顺磁相转变成了铁磁相^[5],合金进入铁磁、反铁磁共存态.在图 5 中, H_m 为平均超精细场,包括了铁磁、反铁磁相共同的贡献.以第一类样品为例,随温度降低先出现反铁磁相,在 133 K 时对应于反铁磁相的超精细场的存在,使得由于铁磁相出现所引起的超精细场的改变不能在平均超精细场与温度关系图中明显加以区别.故我们取在 Arrott 曲线中得到的 T_c 为该样品铁磁相转变温度。

图 6 为第一、第三类样品磁化强度与温度的关系曲线.测量中所加外磁场为 33 mT.由图 6 可见,第三类样品在外磁场为 33 mT 的磁化强度值较第一类样品也有明显提高.同时可见,这两类样品在 28 K 附近都进入自旋玻璃态,冻结温度无明显区别。

3 结 论

由上述实验结果可知,如保温温度远高于互溶隙温度,只延长保温时间,样品的磁有序性无显著变化.在互溶隙温度附近长时间保温,样品中反铁磁、铁磁转变温度都有明显提高.反铁磁转变温度增高值在本实验中超出测试范围,未能确定.铁磁转变温度提高了 103 K.

本工作结果表明,局域环境效应对 $\text{Cr}_{75}(\text{Fe}_{0.67}\text{Mn}_{0.33})_{25}$ 合金的磁有序性质起着重要作用.局域环境效应使得该合金具有超精细场值的分布,且导致合金的磁相分离.对第一类样品而言,在 275—133 K 之间,某些 Cr 原子周围最近邻的 Cr 原子多,呈反铁磁性,且有较高的奈尔温度.以 Fe 原子形成的原子集团,在居里温度以上呈顺磁性.温度降至居里温度以下,这部分顺磁相就转变成铁磁相,原来的反铁磁相则保存下来,合金进入铁磁、反铁磁共存态.第三类样品经过了特殊的热处理,改变了 Fe 原子周围的局域环境,其中富 Cr、富 Fe 原子集团被进一步分离出来.其磁有序相的变化规律与第一类样品相似,说明第一类样品中的磁有序态确由局域环境效应决定.由于富 Cr、富 Fe 的原子集团增大,铁磁、反铁磁相互作用增强,第三类样品的反铁磁、铁磁转变温度都有明显提高.

热处理过程对冻结温度无显著影响,但可导致冻结温度下的平均超精细场值的增加.

维也纳技术大学 W. Steiner 教授为本工作提供了实验设备,中国科学院低温技术实验中心陈兆甲教授对本文提出了宝贵的修改意见,在此一并表示感谢.

- [1] S. F. Edwards and P. W. Anderson, *J. Phys.*, **F5**(1975), 965.
- [2] Y. Kakehashi, *Phys. Rev.*, **B35**(1987), 4973.
- [3] M. E. Elzain, *J. Phys.: Condens Matter*, **3**(1991), 2089.
- [4] W. M. Xu *et al.*, *J. Magn. Magn. Mater.*, **104—107**(1992), 202.
- [5] 徐未名,低温物理学报, **18**(1996), 294.
- [6] R. Vilar, G. Cizeron, *Mem. Etud. Sci. Rev. Met.*, **79**(1982), 687.

INFLUENCE OF HEAT TREATMENT PROCESS ON MAGNETIC ORDER IN $\text{Cr}_{75}(\text{Fe}_{0.67}\text{Mn}_{0.33})_{25}$ ALLOYS

XU WEI-MING

(*Cryogenic Laboratory, Academia Sinica, Beijing 100080*)

(Received 5 December 1995; revised manuscript received 18 March 1996)

ABSTRACT

The magnetic order in $\text{Cr}_{75}(\text{Fe}_{0.67}\text{Mn}_{0.33})_{25}$ alloy prepared under different annealing conditions is studied by means of ^{57}Fe Mössbauer spectroscopy and bulk magnetization measurements. We get the conclusion that the short-range chemical order plays a dominant role in the magnetic order of the alloy. The heat treatment process affects the Cr(Mn)-rich, Fe-rich clusters in the alloy, thus increases both the ferromagnetic and antiferromagnetic transition temperature greatly. The Cr(Mn), Fe clusters lead to the magnetic phase segregation in the alloy.

PACC: 8140R