

第一次全国磁学及磁性材料 专业学术会议论文选集



中国电子学会微波技术专业委员会編

(内部资料 注意保存)



国防工业出版社

第一次全国磁学及磁性材料 专业学术会議論文选集

中国电子学会微波技术专业委员会編



国防工业出版社

1964

內 容 簡 介

本选集共收入論文 22 篇，內容分五部分，第一部分为恒磁材料的研究，第二部分为軟磁材料的研究，第三部分为矩磁材料及器件的研究，第四部分为旋磁材料及器件的研究，第五部分为微波鉄氧体及磁膜測試方法。

本选集可供从事磁性材料及器件之研究，生产的工程技术人员及高等院校师生参考。

第一次全国磁学及磁性材料

专业学术會議論文选集

中国电子学会微波技术专业委员会編

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可証出字第 074 号

国防工业出版社印刷厂印装 内部发行

*

787×1092 $\frac{1}{16}$ 印張 10 $\frac{7}{8}$ 250 千字

1964年6月第一版 1964年6月第一次印刷 精，平装 印数：0,001—1,500册

統一书号：N15034·748 定价：（科八-2）平装 2.20 元
精装 2.80 元

前 言

中国电子学会与中国物理学会于1963年4月8日至14日在江苏无锡联合召开了第一次全国磁学及磁性材料专业学术會議。参加这次會議的有来自科学院、研究所、工厂及高等院校等65个单位的114位代表，提出論文85篇，其中永磁方面9篇、軟磁方面12篇、金屬磁性材料測試方面6篇、矩磁鉄氧体方面10篇、磁性薄膜方面6篇、鉄氧体材料研究方面11篇、微波器件方面18篇、微波測量方面9篇、其它4篇。从这些論文的数量来看，較过去有了显著的提高；有些文章，理論研究与实用結合得較好，如“互易鉄氧体相移器的分析与計算”、“对称結带綫环流器的电磁場問題”、“錳鋅鉄氧体初导磁率随溫度的变化”等文，都写得比較深入，且有一定参考价值。論文中关于微波鉄氧体隔离器、Y型环流器、矩磁鉄氧体、薄膜方面的研究尤为集中。

为了满足无綫电材料和元件发展的需要，我們从这些論文中选出了22篇編成此文集出版。参加本文集的选編、整理工作的有傅柏生、張熙、闕敏、周文运、楊森官、王秀珍、徐世凱、王振荃等同志。

編 者

目 录

前言	3
----	---

第一部分 恒磁材料的研究

鋁鎳鈷 5 合金的磁性可逆現象	王 潤等 7
含鈦高鈷鋁鎳鈷永磁合金的若干研究	曾訓一等 16

第二部分 軟磁材料的研究

錳鋅鉄氧体初导磁率随溫度的变化	蔣伏君 23
-----------------	--------

第三部分 矩磁材料及器件的研究

坡莫合金薄膜的各向异性	潘孝碩等 27
坡莫合金薄膜的脉冲反磁化	王煥元等 35
脉冲磁化电流的前沿对磁芯反磁化時間的影响	林彰达等 41
寬工作溫度范围的矩磁鉄氧体	傅柏生等 50
电沉积 Fe—Ni 薄膜磁杆記憶元件	許自強 54
电感变参数元件非綫性鉄氧体制造中的一些問題	卢嘉珍 60

第四部分 旋磁材料及器件的研究

鉄磁共振中的靜磁模式	金通政等 71
鉈-鎳石榴石型鉄氧体系統鉄磁共振的研究	李国栋等 76
热处理对鎳鉄氧体和錳鉄氧体单晶鉄磁共振的影响	李国栋等 83
互易鉄氧体相移器的分析与計算	徐燕生等 91
对称結帶綫环流器的电磁場問題	蔣仁培等 100

帶綫隔離器.....	張錫夫等	112
場移式隔離器的實驗研究.....	陳學岳	119
8 厘米微波接力通信設備中微波諧振式鐵氧體單向器研究.....	謝懷彥等	131
10 厘米高功率鐵氧體隔離器.....	張熙等	144

第五部分 微波鐵氧體及磁膜測試方法

微波鐵氧體在分米波段的測試.....	鍾代傳	151
鐵氧體自旋波綫寬 ΔH_K 的測試	余顯燁等	157
波導段調頻測鐵磁共振窄綫寬方法的改進.....	何章祥等	166
用示波器顯示鐵磁薄膜磁滯迴綫的裝置.....	張裕普	172

第一部分 恒磁材料的研究

鋁鎳鈷 5 合金的磁性可逆現象

王潤 李东升 刘玲 張汉洁 周寿增

一、引 言

鋁鎳鈷 5 合金是优质永磁材料, 广泛应用于现代科学技术中。一般对这种合金的高矯頑力和高磁能是用单疇理論解釋的。对于形成高矯頑力的脫溶过程也有过相当多的研究。最近, Магач[1]和 Багряцкий[2]用 X 綫分別对鋁鎳鈷 5 和 Fe—Ni—Al 合金进行了研究, 根据超結構反射附近的漫散衍射效应, 指出在淬回火过程中形成球形 G—P 区, 因此淬回火后所获得的矯頑力比經过控速冷却后所获得的矯頑力低。但是这些工作都沒分析合金在高矯頑力状态下的結構, 虽然用电子显微鏡作过多次观察[3, 4], 但都沒能确定所观察的高矯頑力状态下的图相是新相粒子的析出, 还是固溶体内部的濃度的周期起伏, 因此对鋁鎳鈷合金的高矯頑力結構实质和时效机理一直不够清楚。

曾經认为鋁鎳鈷 5 在控速冷却过程中的轉变是个形核长大过程[5]。近来, 相继发现了鋁鎳鈷 5 合金的磁性可逆現象[6, 7, 9], 即合金經正常热处理获得高矯頑力后, 在 650°C 以上短时加热, 性能陡降, 再在 600°C 进行二次时效, 則磁性又可完全恢复, 这是用形核长大理論所难于解釋的[12]。通过对这种可逆現象的研究, 不同作者对鋁鎳鈷 5 的时效机构, 高矯頑力状态和磁性可逆現象提出了几种不同的观点, 主要有:

1. Koch 等[6]认为磁性可逆現象是由于一个面心結構的 γ_2 相 ($a_0 = 3.56 \text{ \AA}$) 的析出与回溶引起, 而且 γ_2 相对矯頑力也起着重要作用。

2. 阿部等[9]认为磁性可逆現象是由于相界面的可逆移动和弱磁性相的居里点的可逆变化, 以及不可逆的四方度或共格关系的破坏所引起。关于热磁性相的居里点的可逆变化, Clegg 等[10]也曾指出。

3. 加藤等[11]认为鋁鎳鈷 5 合金在 600°C 以下时效并未析出, 仍然是单相的, 具有濃度的周期起伏, 并且可能存在短程序, 650°C 以上时效, 則开始析出。

这些观点的分歧还是相当大的, 本文试图通过观察磁性的变化, 对鋁鎳鈷 5 合金的时效过程和磁性可逆現象作一初步探索。

二、实 驗 結 果

选取标准成分鋁鎳鈷 5 合金 (24%Co, 14%Ni, 8%Al, 3%Cu, 51%Fe), 經真空熔炼和精密鑄造后, 磨制成 $8 \times 8 \times 40$ 的长方样品。固溶处理和控速冷却是在自制的管式炉中进行的, 可保証冷速均匀一致。磁冷是把管式炉置入磁場强度在 2000 奥斯特以上的大螺綫管中进行。用冲击法測量磁性。

1. 磁性可逆現象出現的热处理条件

一般认为铝镍钴 5 合金的固溶温度在 1250°C 以上或 $850^{\circ}\sim 950^{\circ}\text{C}$ 之间。为了确定这两种固溶温度以及不同冷却条件对可逆现象的影响, 选择 1300°C 和 930°C 两种固溶温度, 在磁场中和不在磁场中冷却两种条件, 固溶保温 15 分钟, 冷速为 $1^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 。试样经上述四种不同处理后, 于 $600^{\circ}\text{C}\sim 750^{\circ}\text{C}\sim 600^{\circ}\text{C}$ 之间进行交替处理。发现在 1300°C 和 930°C 固溶后所

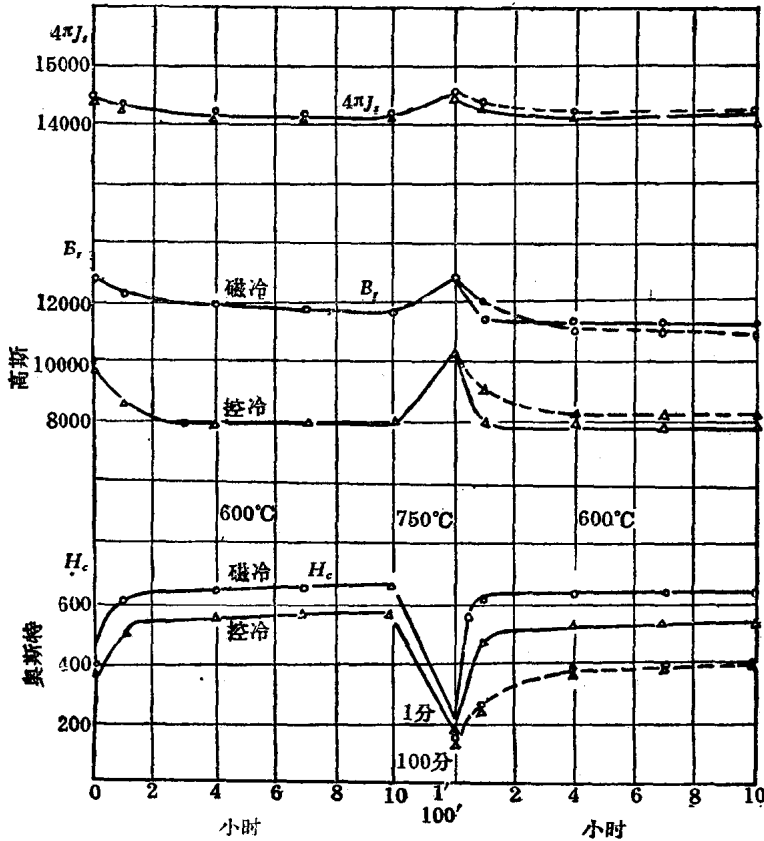


图1 铝镍钴 5 合金在 930°C 固溶 15 分钟, 以 $1^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 冷速在磁场中和不在磁场中冷却, 在 $600^{\circ}\text{C}\sim 750^{\circ}\text{C}\sim 600^{\circ}\text{C}$ 之间交替处理过程中磁性的变化。

得结果相同。经 930°C 固溶, 在磁场和不在磁场中冷却后, 在交替处理过程中磁性的变化如图 1 所示。可以看出, 磁冷和无磁场冷却后在 600°C 时效, 磁性变化趋势相同, 而磁冷的绝对值较高。随时间延长, $4\pi J_s$ 和 B_r 值下降, H_c 值升高。时效 10 小时后, 在 750°C 的铝溶中加热 1 分和 100 分钟, 性能变化结果相同: $4\pi J_s$ 、 B_r 值上升, H_c 值下降到低于磁冷后的数值。再在 600°C 进行二次时效, 则在 750°C 短时加热 1 分钟的试样, 磁性完全恢复(图 1 实线), 而加热 100 分钟的试样(图 1 虚线), $4\pi J_s$ 和 B_r 值可以恢复, H_c 值则不能恢复, 并且这时磁冷和无磁场冷却后的 H_c 值已经没有区别。与阿部的结果不同, 这里在 750°C 加热, B_r 值上升, 而非下降。另外, 试样在 1300°C 和 930°C 固溶后油淬, 进行同样交替处理。未发现可逆现象。可以得出, 可逆现象发生的必要热处理条件是控速冷却, 不同的固溶温度, 冷却时加磁场与否, 对可逆现象都不起本质作用。

2. 时效过程

为了进一步了解可逆现象, 对于不同时效温度下磁性的变化作系统观察。已经确定, 可

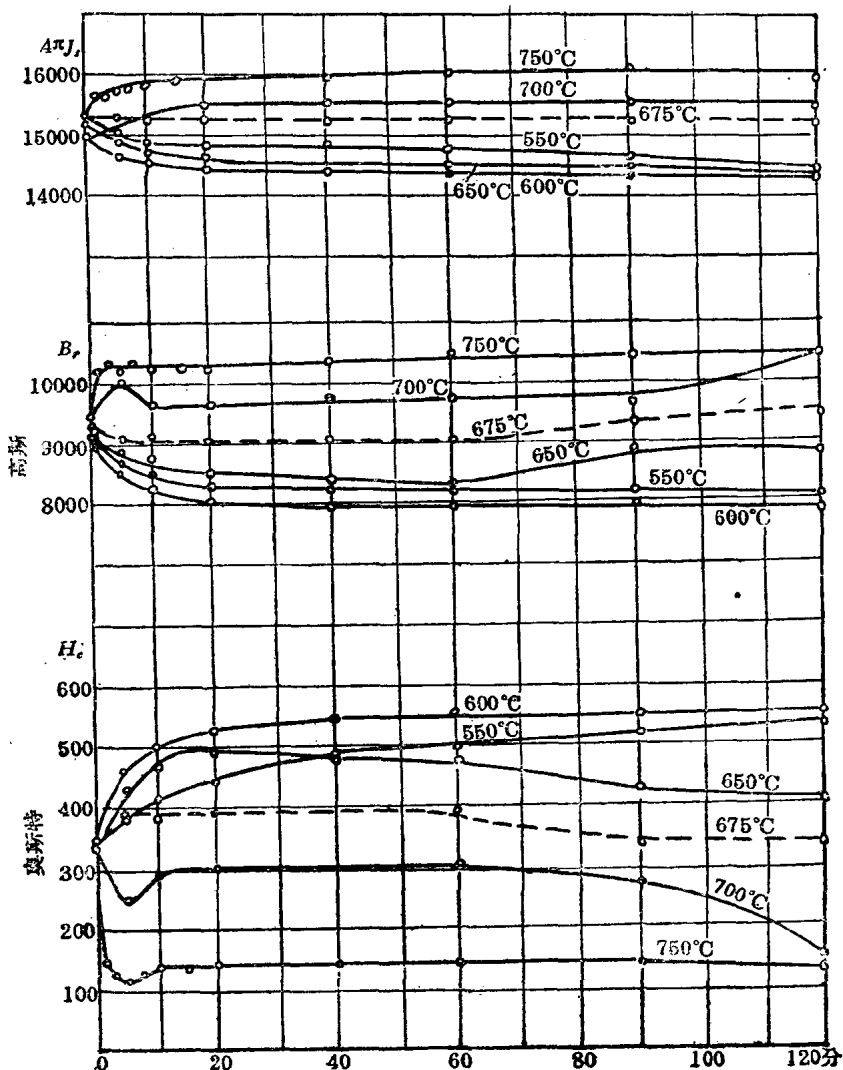


图2 铝镍钴5合金, 930°C固溶15分钟, 以1°C/秒冷速无磁场冷却, 在不同温度时效, 磁性随时效时间的变化。

逆现象出现的主要条件是控速冷却, 因此选择930°C固溶, 以1°C/秒冷速无磁场冷却, 自500°C至750°C间每隔25°C进行时效, 每一温度均以同一组试样用叠加法累计时间。不同温度时效, 磁性随时间的变化如图2所示。由图可见, 低于675°C时效, 随时间加长, $4\pi J_r$ 、 B_r 值下降, H_c 值上升, 高于675°C时效变化趋势则相反, $4\pi J_r$ 、 B_r 值上升, H_c 值下降。675°C附近(图2虚线)似乎成一分界线, 分成性能变化趋势完全相反的两个温度区间。性能随时效温度的变化见图3。可以看出, 675°C以下时效所得性能, 与控冷后的性能相比, B_r 值较低, H_c 值较高; 675°C以上时效则相反, B_r 值较高, H_c 值较低, 同时 H_c 的峰值和 B_r 的最低值随时效时间加长由高温向低温方向移动。600°C附近作为 H_c 的峰值是较为稳定的, 这一点恰与一般热处理工艺选600°C为最佳时效温度相一致。

3. 交替处理

为了观察性能变化趋势不同的两个温度区间与可逆现象的关系, 进行下列实验: 试样经930°C固溶无磁场控冷后, 在550°C~700°C间每隔50°C进行时效4小时, 而后分别升高

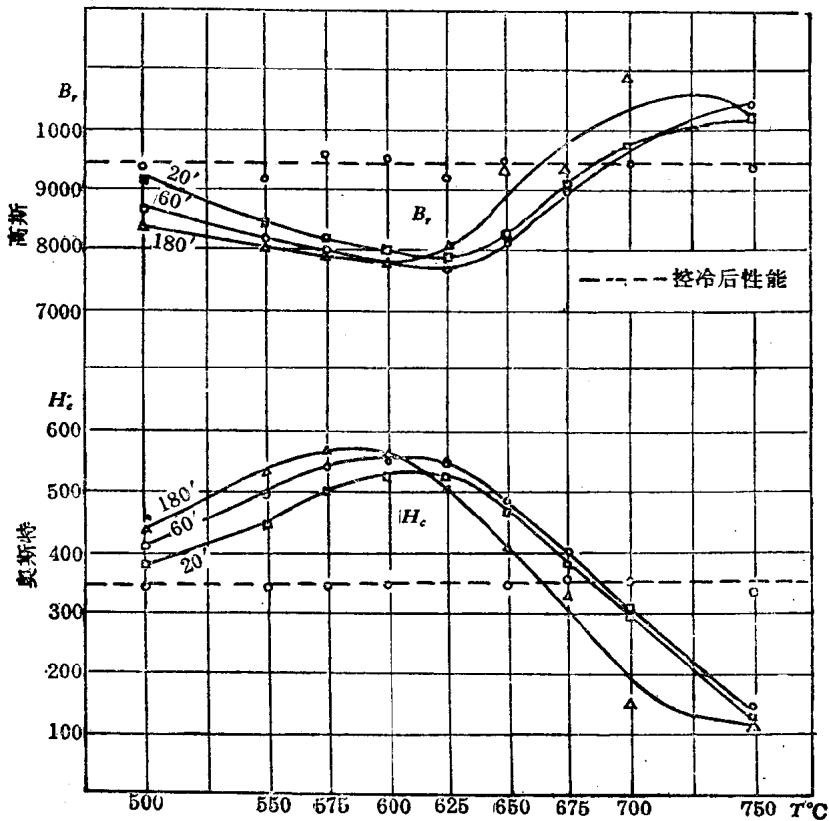


图3 铝镍钴5合金, 930°C固溶15分钟, 以1°C/秒冷速无磁场控冷, 时效不同时间, 磁性随时效温度的变化。

100°C短时加热1~10分钟, 再以初时效温度进行二次时效, 即进行下列交替处理, 550°C~650°C~550°C, 600°C~700°C~600°C, 700°C~800°C~700°C。磁性在交替处理过程中的变化分别表示在图4、5、6上。可以看出, 图4、5中曲线变化趋势基本一致, 只是绝对值有所差别, 随初时效时间加长, $4\pi J_s$ 、 B_r 值下降, H_c 值上升; 高于650°C短时加热, $4\pi J_s$ 、 B_r 值上升, H_c 值下降; 二次时效, 磁性又都完全恢复。图6表示在700°C~800°C~700°C的交替处理过程中磁性的变化, 700°C进行初时效, $4\pi J_s$ 、 B_r 值上升, H_c 值下降; 在800°C短时加热1分钟, $4\pi J_s$ 、 B_r 值仍然上升, H_c 值更强烈的下降; 在700°C进行二次时效, 磁性又得到恢复。仔细观察图4、5、6中曲线变化趋势, 可以看出, 与图2、3中曲线的变化是相符合的。另外把经过650°C、675°C、700°C时效4小时的样品, 都在600°C进行二次时效, 磁性变化结果表示如图7, 可以看出, 经650°C和675°C时效过的样品, 在600°C进行二次时效, 与控冷后直接在600°C时效相比较, B_r 、 H_c 值的变化基本重合, 经700°C时效后在600°C进行二次时效则不同, H_c 值低很多, B_r 值稍高些。通过对这些交替处理的观察, 可以得出, 铝镍钴5合金磁性可逆现象出现的温度区间是很宽的, 性能变化也较为复杂。

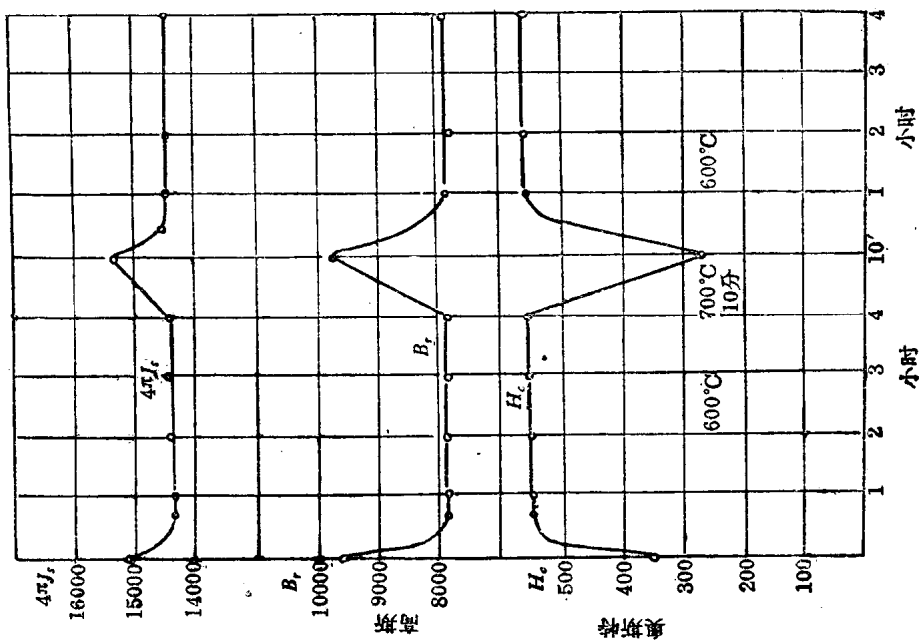


图5 铝镍钴5合金自930°C固溶, 无磁场控冷后, 在600°C时效及700°C短时加热的交替处理下磁性的变化。

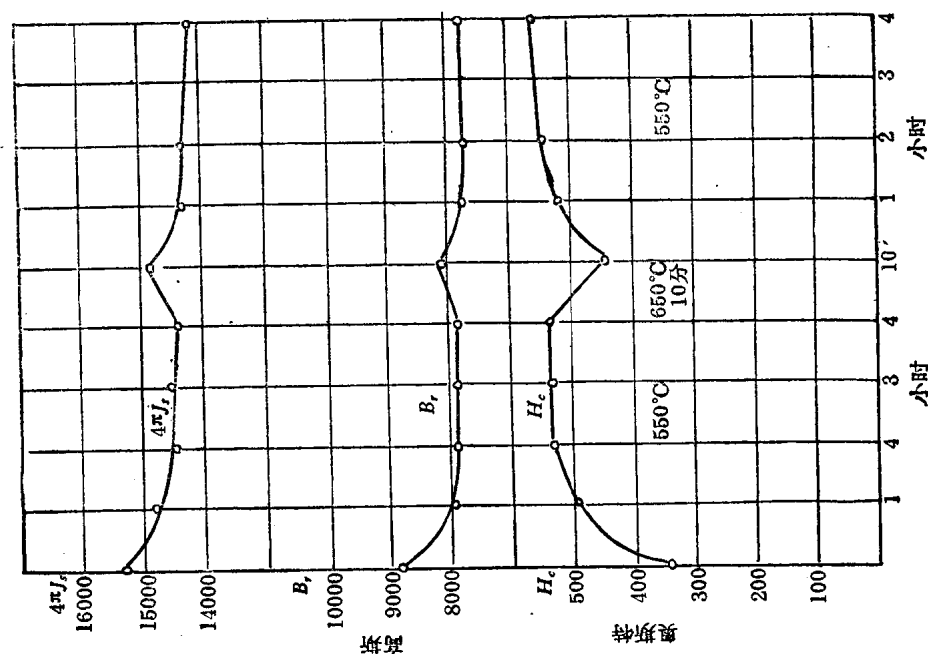


图4 铝镍钴5合金自930°C固溶、无磁场控冷后, 在550°C时效和650°C短时加热的交替处理下磁性的变化。

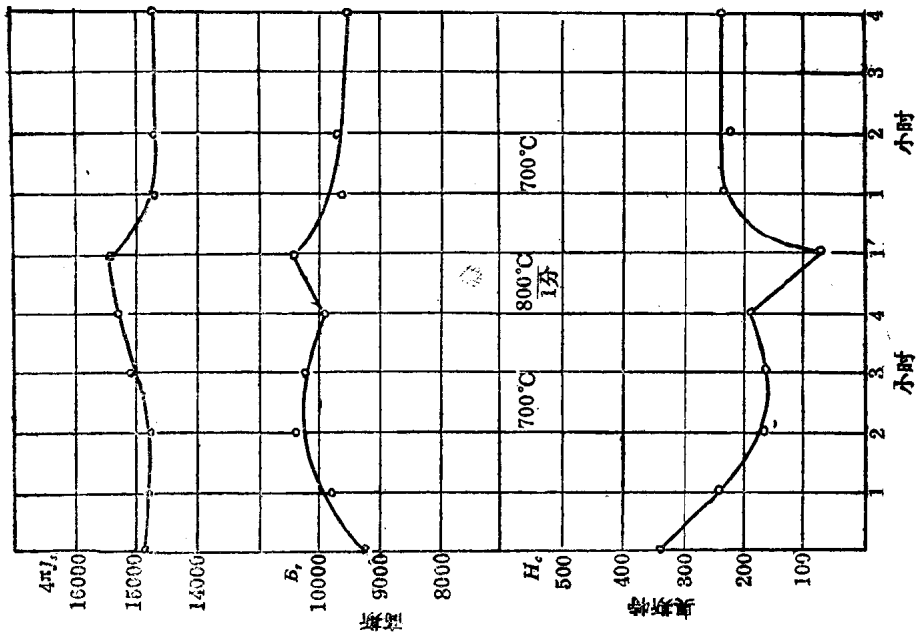


图6 铝镍钴5合金, 自930°C固溶, 无磁场控冷后, 在700°C时效和800°C短时加热的交替处理下磁性的变化。

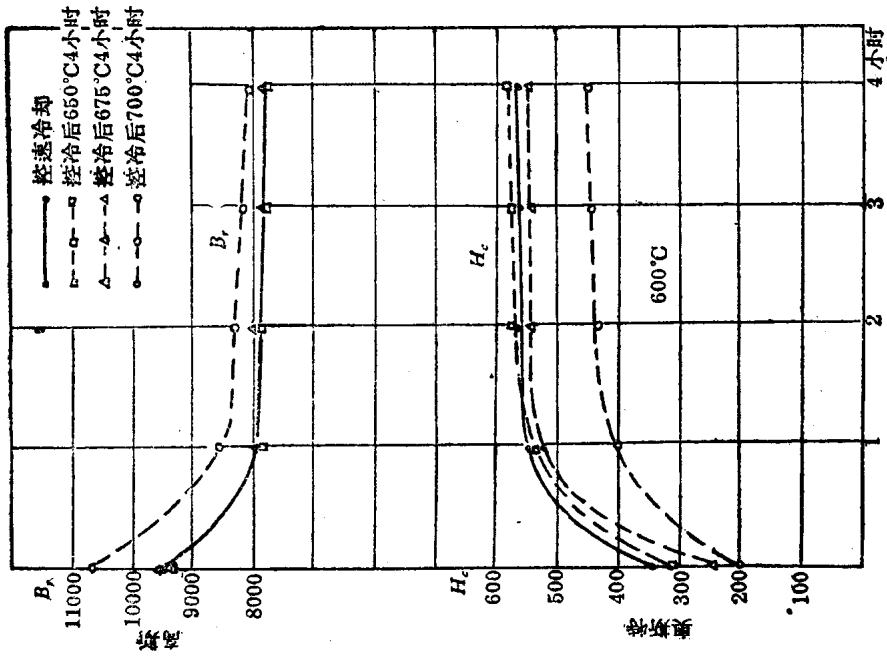


图7 铝镍钴5合金, 经无磁场控冷以及不同温度时效后在600°C时效, 磁性随时效时间的变化。

三、討 論

图 1 所示的可逆現象，不仅用一般形核长大理論难于解釋[12]，而且用 Koch[6] 和阿部[9] 的观点解釋也存在一定困难。由图 1 看出，600°C 时效只需 1 小时，矯頑力就已經达到了最大值，而 Koch[6] 等发现 γ_2 相是在 600°C 长期（70 天）时效以后，量又极微少，因此很难設想矯頑力的提高是由于 γ_2 相的作用，而且 Koch 等[6] 的观点也与一般公认的单囀理論相矛盾。阿部等[4] 提出，有粒子大小的可逆变化；但他們測定的是两相平均粒子大小，在高温下粒子变大，二次低温时效，这种已經变大的粒子又怎能再变小？四方度或共格关系又与可逆現象有何联系？这些問題作者在工作[9] 中均未指出。

电子显微鏡[4] 和 X 光[2] 的工作都証明，冷却速度影响所观察到的粒子的大小和 G—P 区的尺度。Багарицкий[2] 指出，在水淬的冷却过程中可以形成 G—P 区。Hardy[13] 认为，这种类型合金，可以分解为成分不同的小区域，因此造成了高的矯頑力。根据前述的實驗結果，結合 Hardy[13]、加藤[11]、Clegg[10] 等人的观点，可以初步认为：这种合金的过饱和固溶体在控冷过程中分解出两种成分不同的小区域；一种区域富含 Ni、Al，是弱磁性的；一种区域富含 Fe、Co，是强鉄磁性的。在不同温度进行时效，这两种区域的成分也相对发生变化，因此引起磁性的改变。

如图 2 所示，在 675°C 以下时效，Fe、Co 原子繼續富集（可以认为是 Fe、Co 原子的正扩散），鉄磁性加强，富 NiAl 区域减少 Fe、Co 含量后，居里点下降到室温以下[10]，常温下为非鉄磁性的，这样就减少了整个体积中鉄磁性相的含量，使 $4\pi J_s$ 下降，也影响 B_s 降低，同时富 Fe、Co 区域单囀作用得以充分發揮[13]， H_c 值上升。图 3 中 H_c 在 600°C 附近有最大值，这正是因为两种区域成分差别最大所引起，600°C 以下，扩散较为困难，性能較低。600°C 以上，两种区域成分差别随温度升高而减小，因此图 3 中表示 H_c 值的曲綫，在 600°C 以上随时效温度升高近似成直綫下降。在 675°C 附近，两种区域所具有的成分差别与控冷以后的相近似，高于 675°C 时效（见图 2），富 Fe、Co 区域排出 Fe、Co（可以认为是 Fe、Co 原子的負扩散），是两种区域成分差别减小的过程。当富 NiAl 区域增加 Fe、Co 含量后，磁性加强，居里点升到室温以上，正如 Clegg[10] 等所指出，这时出現两个居里点，在升温电阻曲綫上[8] 也出現新的轉折点，整个体积中鉄磁性相含量增加了，使 $4\pi J_s$ 、 B_s 值上升，同时也破坏了单囀粒子間的磁性絕緣，使 H_c 值下降。

每一温度下，两种区域都对应着一定的濃度差和一定的組織状态，可以想象，尽管事先經過不同处理，只要在某一固定温度下加热，必然会获得相同的性能。这种推测可用前面實驗結果，变换作图方法加以証实。以控冷后直接在高温短时加热和經過控冷并在 600°C 时效 4 小时后再高温短时加热所得性能为纵座标，加热温度为横座标，得图 8，可以看出，对应每一加热温度，預先两种不同处理所得数值近似重合。这种推测，用图 7 的結果也可进一步說明，尽管事先經過 650°C、675°C 时效，或者控冷后未經时效，只要在 600°C 加热，就能得到大致相同的数值。事先在 700°C 时效，則因時間过长，发生了組織变化，二次 600°C 时效，性能沒有完全恢复，若事先在 700°C 加热時間不是过长，則二次 600°C 时效性能是可以恢复的（见图 5）。

通过对图 2、3 的分析可以得出，鉛鎳鈷 5 合金在控速冷却后的时效过程是由 Fe、Co

原子的正負扩散所控制的。对图1所示的可逆现象可作如下解释：600°C初时效，Fe、Co原子进行正扩散，使 $4\pi J_s$ 、 B_r 值下降， H_c 值上升；750°C短时加热1分钟（图1实线），Fe、Co原子进行負扩散，使 $4\pi J_s$ 、 B_r 值上升， H_c 值下降；在600°C二次时效，Fe、Co原子再次进行正扩散，磁冷和控冷后的性能又得到恢复，这说明在交替处理过程中磁冷时磁场作用的效果一直保留，750°C短时加热并未破坏磁冷时形成的磁结构，或者进一步说，750°C短时加热并没有把控冷过程中产生的成分不同的小区域完全驱散。若在750°C加热100分钟（图1虚线）， $4\pi J_s$ 值仍然有可逆变化，说明成分变化仍然是可逆的，而 H_c 值在二次时效已不能完全恢复，并且磁冷和控冷的结果相同，说明这时磁冷的效果已经消失，由于加热时间过长，组织发生了变化，对矯頑力起作用的可能已经不是单畴了。 B_r 值在750°C加热100分钟后，二次时效仍能显示出磁冷和控冷的不同，这说明750°C形成的组织保持了磁冷时分解产物对外磁场的取向关系。

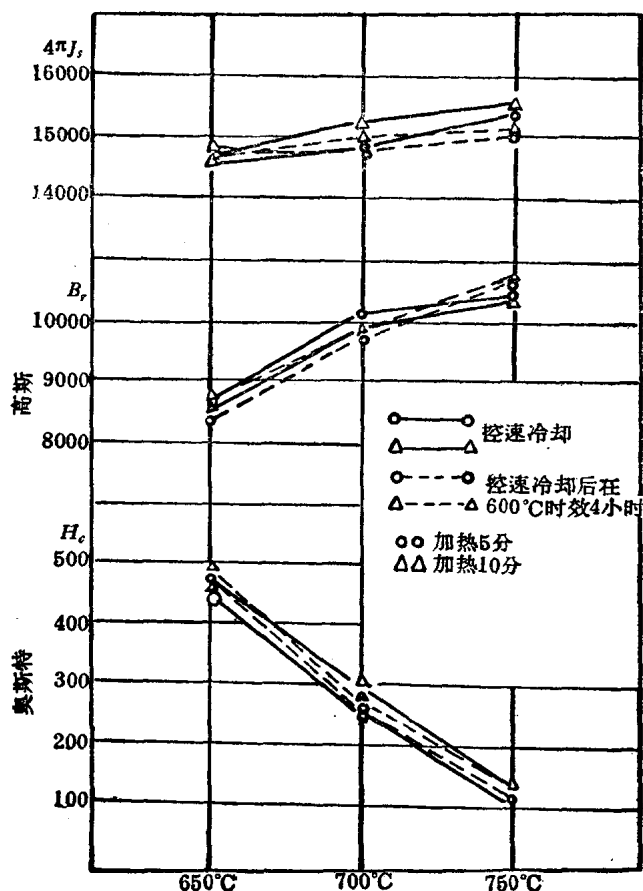


图8 铝镍钴5合金在控冷和600°C时效后短时加热，磁性随加热温度的变化。

可作如下解释：700°C初时效，Fe、Co原子进行負扩散， $4\pi J_s$ 、 B_r 值上升， H_c 值下降；800°C短时加热1分钟，Fe、Co原子更强烈的进行負扩散， $4\pi J_s$ 、 B_r 值更大上升， H_c 值下降；700°C二次时效，通过Fe、Co原子的正扩散，性能又得以恢复。

以上分析可以看出，铝镍钴5合金的磁性可逆现象出现的温度区间和时间范围是相当大的，这与一般的时效回归现象有所不同，而且变化也较为复杂。控制可逆现象的主导因素，也必然是引起高矯頑力的主要因素，因此，这方面的研究对了解铝镍钴合金高矯頑力的实质和时效过程是有一定意义的。

四、結 論

1. 铝镍钴5合金磁性可逆现象出现的主要热处理条件是控速冷却。不同的固溶温度以及冷却时加磁场与否，对可逆现象都不起本质影响。

2. 铝镍钴5合金在控速冷却过程中分解为成分不同的小区域。依时效温度不同有完全相反的两个过程：低于675°C时效，可能发生Fe、Co原子的正扩散，使 $4\pi J_s$ 、 B_r 值下降，

H_c 值上升; 高于 675°C 进行时效, 则可能发生 Fe、Co 原子的负扩散, 使 $4\pi J_s$ 、 B_s 值上升 H_c 值下降。

3. 铝镍钴 5 合金以 $1^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 冷速磁冷并在 600°C 时效后, 750°C 短时加热, 并未把冷过程中的分解产物完全驱散, 磁冷效果仍然保留, 即磁组织仍然存在。

4. 铝镍钴 5 合金在控速冷却后, 磁性可逆现象出现是相当普遍的。依交替处理温度不同性能变化趋势亦不相同。一般在 600°C 附近时效后, 高于 650°C 短时加热, 再以初时效温度进行二次时效, 性能都可完全恢复, 加热时间过长, 则性能不能完全恢复。

参 考 文 献

- [1] Марат Л. М. ф.м. (1963), 1.60. Украинский физический журнал, VII №2 (1963) 270.
- [2] Вагарицкий Ю. А. ДАН. СССР. 148 (1963).
- [3] R. D. Heidenreich, B. A. Nesbitt, J. Appl. phys, 23 (1952) 352. K. J. Kronenherg. Z. Metallk 45 (1954) 440. J. Appl. phys. 31 (1960) 805. J. J. Dejong, J. M. G. Smeets and H. B. Haanstra J. Appl. phys, 29 (1958).
- [4] Robert B Campbell and Carl A julion, J. Appl. phys, 3 (1961).
- [5] E. A. Neshitt and A. J. Williams Conf. Mag and Mag. Materiels (1956) 184.
- [6] A. J. J. Koch, M. G. V. D. Settig and K. J. de Vos: conf. Mag. and Mag, Materiels (1956) 173, J. Appl. phys 27 (1956) 1250.
- [7] 加藤: 电气制钢 29 (1958) 359, 日本金属学会志 24 (1960) 526, 773, (1961) 479.
- [8] 加藤: 日本金属学会志 24 (1960) 597.
- [9] 阿部木村: 日本金属学会志 23 (1959) 121, 125.
- [10] A. G. Clegg and M. Mcceig: proc phys. soc B70 (1957) 817.
- [11] 加藤: 电气制钢 32 (1961) 81.
- [12] 加藤: 金属物理 4 (1958) 114.
- [13] Hardy H., K. Acta, Meatll, 1 (1953) 210.

含鈦高鈷鋁鎳鈷永磁合金的若干研究

曾訓一 鄭昌華 傅耀先 王紹渤●

鋁鎳鈷型合金，是優良的永磁材料，其中以鋁鎳鈷5最為突出。

近些年來，在鋁鎳鈷5成分基礎上發展起來的含鈦（~5%）高鈷（~34%）品種〔1〕，頗引人注意。

和鋁鎳鈷5比，雖然含鈦高鈷合金的剩磁感應強度 B_r ，低約30%，但矯頑力 H_c 高出一倍，而磁能積 $(BH)_m$ 可與鋁鎳鈷5媲美〔1〕。

這種合金，一經制得柱晶， $(BH)_m$ 高達 12×10^6 高斯-奧斯特〔2〕。在發表的實際指標中，這是永磁材料迄今的最高記錄。

鋁鎳鈷合金也是著名的脆性材料。工藝上，近來的重要進展之一是這類合金的熱加工成功，無損永磁性而合金的強度和韌性得到改善。此外，可望獲得型材。含鈦高鈷的品種，正是易于熱加工的合金〔3〕。

本文簡短地報導我們對這一合金所作的若干研究。

一、控速永磁處理

Koch等〔1〕發現，對含鈦高鈷合金，要獲得優良永磁性，須用恒溫熱處理，而不能用通常的控速處理。

為了釋疑，我們研究了含鈦高鈷合金的控速永磁處理。

6.5×6.5×25毫米³的試樣自1290℃高溫或890℃低溫放入2000奧斯特的磁場中的小爐子內。改變爐溫以變易冷速。試樣在爐內停留6~7分鐘取出油冷。585℃回火24小時。在電磁鐵中用沖擊法測其永磁性。試驗結果示於圖1。圖中右下方箭頭所示範圍，橫座標已非爐溫，究其爐溫，均為700℃。試樣給予了不同程度的嵌鑲，因而冷速有所不同。用更高的爐溫，與恒溫處理混淆，所以如此。

從圖1可見，隨著冷卻減緩而 B_r 值單調地降低，與控速始自高溫抑始自低溫無關。高低溫控速處理所得 B_c 值差別也不很大，而大體上落在同一

顯示微弱峰值的曲線上。高溫控速處理所得 $(BH)_m$ 值稍低些；而冷卻很慢時， B_c 值顯著低下。

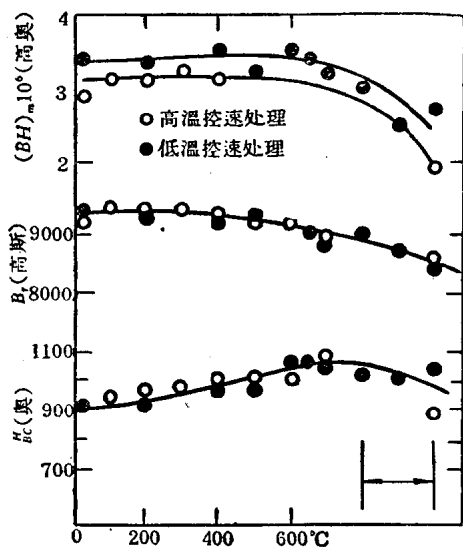


圖 1

● 先後參加過工作以及後期參加工作的分別還有袁志純和劉湘林兩同志。