

半硬磁材料

(译文集)

北京冶金研究所

一九七四年四月

半 硬 磁 材 料

(译 文 集)

北 京 冶 金 研 究 所

一 九 七 四 年 四 月

毛 主 席 语 录

我们现在思想战线上的一个重要任务，就是开展对于修正主义的批判。

路线是个纲，纲举目张。

思想上政治上的路线正确与否是决定一切的。

古为今用，洋为中用。

外国有的，我们要有，外国没有的，我们也要有。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

前 言

以前,把磁性材料分为两大类,即具有低矫顽力的高导磁材料(软磁材料)和具有高矫顽力的、高剩磁的永磁材料(硬磁材料)。近几年来,随着科学技术的不断发展,对材料提出了新的特定要求,例如要求矫顽力在一定范围内并具有高剩磁的材料。因而,当前,人们把矫顽力介于10~300奥斯特之间的材料称为半硬磁材料。

严格说来,半硬磁材料并不是一种新材料。有些国家(例如西德)迄今仍划归永磁材料。但半硬磁材料作为一个独立的体系,发展很迅速,应用日益广泛。

半硬磁材料的品种牌号很多。按磁硬化机理,大体可分为三大类,1.淬硬钢,例如碳钢、铬钢、钨钢、铬钴钢。2. $\alpha \rightarrow \gamma$ 相变合金,其中有Fe-Co-V系、Fe-Mn系、Fe-Ni系等。3.弥散硬化(析出硬化)合金。其中有Fe-Ni-Cu系,Fe-Mn-Co系,Fe-Ni-Al-Ti系,Fe-Cu系,Fe-Co系以及Fe-Al-Ni-Co系等。

半硬磁材料的用途很广泛,主要有以下几方面。

1.用作磁滞电机的转子材料。在作外转子时要求剩磁高于10000高斯,矫顽力介于60~120奥斯特之间。在作内转子时,要求剩磁高于8000高斯,矫顽力介于100~250奥斯特。由于磁滞电机具有起动快、同步特性优异、噪音低等优点,目前在军事技术和自动控制技术中得到广泛应用。

2.用作自动控制系统或电子开关系统中的簧片开关,例如作门锁继电器或铁簧继电器用于小型电子计算机的键盘开关,信号变换器以及脉冲发生器等当中。一般要求半硬磁材料的矫顽力不很高,约10~70奥斯特,但要求高剩磁,在作铁簧继电器时要求矩形比尽可能高。此外,要求有与玻璃相匹配的一定热膨胀性能。

3.用于存储信息。例如,在电子计算技术中为半永久存储信息,作成磁扭线存储器。对半硬磁材料的要求是:①应力敏感性低,即磁致伸缩接近或等于零;②矩形比高;③具有一定的矫顽力,约10~50奥斯特之间;④饱和磁化强度 B_s 接近与其匹配的软磁合金的两倍。

除上述主要用途外,还可用来制造各种仪表如转速计、速度计、测量仪表中的小型磁铁、磁针、磁录音材料,电视聚焦、控制电子束偏转的磁环等。

如上所述,用途不同,对半硬磁材料性能的要求也不同,因而制造方法也不相同。其制造方法大体可分为三种:铸造方法、冷变形方法(拔丝、轧制)以及粉末冶金方法,例如,Fe-Mn系合金可采用其中一种方法制出。

伟大领袖毛主席指出:“打破洋框框,走自己工业发展道路。”我们必须结合我国富有资源,研制出制造成本低、性能优异的材料。按着“洋为中用”的教导,我们在本译文集中译了近几年来国外文献共27篇,重点介绍了廉价的Fe-Mn系,Fe-Cu系以及用于电子计算技术的Co基合金。涉及到半硬磁材料的成份性能,用途及制造工艺等,供从事半硬磁材料研制、生产、使用单位的广大工人,干部,技术人员以及高等院校的师生参考,因译者水平不高,其中错误之处必然很多,敬希读者指正。

译者 李新立 张静尧

目 录

1. 高 Mn 含量半硬磁材料.....	(1)
2. Fe-Mn 系半硬磁材料及其制法	(3)
3. Fe-Mn 系半硬磁材料	(7)
4. Fe-Mn 系半硬磁材料	(10)
5. Fe-Mn 系半硬磁材料	(13)
6. Fe-Mn 系半硬磁材料的制法.....	(16)
7. Fe-Mn 系半硬磁材料的热处理	(20)
8. Fe-Mn 系半硬磁材料	(23)
9. Fe-Mn 系半硬磁材料	(26)
10. 热处理对冷轧的 Fe-Mn-Co 合金磁性能的影响	(28)
11. Fe-Cu 磁性合金的展望	(36)
12. Fe-Cu-Mn 系半硬磁材料.....	(45)
13. 冷加工 Fe-Cu-Mn 合金的磁性	(48)
14. Fe-Ni-Cu 半硬磁合金的制法	(56)
15. Fe-Ni-Cu 半硬磁材料	(59)
16. Co-Fe-Be 半硬磁合金的性能	(61)
17. Co-Fe-Be 半硬磁材料	(67)
18. 高 Co-Fe-Nb 半硬磁材料的性能	(74)
19. Co-Fe-Nb 系半硬磁合金的磁各向异性	(79)
20. Co-Fe-Nb 系半硬磁合金的磁各向异性(通讯)	(85)
21. Co-Fe-Nb 系半硬磁材料	(87)
22. Co-Fe-Ni-Nb 系半硬磁材料	(92)
23. 用于高磁通密度电气仪表的 Fe-49Co-2V 合金的机械、物理和结构特点.....	(95)
24. Fe-Co-Cu-V 系半硬磁材料的磁性	(102)
25. 半硬磁 Fe-Co-Cu-V 合金冷加工后加热时磁性变化机构.....	(111)
26. 粉末冶金法制取的 Fe-W-Cr-Mo 系半硬磁合金的磁性	(117)
27. 粉末冶金法制取的 Fe-W-Co-Cr-Mo 系半硬磁合金的磁性	(127)

高 Mn 含量半硬磁材料

井上洁, 金子秀夫

发明的详细说明

本发明涉及以 Fe、Mn 和 Ti 为主要成份的高 Mn 半硬磁材料的改进。

例如, 高 Mn 钢的成份为: Mn10~17%, Al0.3~1.0%, Ti1.0~2.0%, C0.2%以下, 此外加入0.1~0.5%的 Si, 或者加入0.001~0.050%的 B, 余量为 Fe。将这种高 Mn 钢淬火, 或者若不经淬火, 在50~90%程度的冷加工以后, 于450~550°C温度范围内回火。这种高 Mn 半硬磁材料是众所周知的, 正如特公昭28—6005号公报中所记载的那样。这种材料含5~20%Mn, 0.5~5%Ti, 其余为 Fe, 可在这种半硬磁材料的基础上加以改良。

可是, 这样的高 Mn 半硬磁材料(铁磁体), 其磁性能为 $Br \div 13000G$, $H_c \div 100Oe$, 大体可满足需要, 但 H_c 还不够高, 和上述以 Fe、Mn 和 Ti 为主要成份的高 Mn 半硬磁材料一样, 矩形比也不够高, 而且, 如上所述, 若要进行约50~90%的冷加工时, 加工性不怎么好。而且, 因为要添加许多种元素, 制作麻烦, 可是若不添加这样的元素, 又不能满足增加矫顽力值的要求。因此, 这种高 Mn 半硬磁材料被加工性良好、高性能的 Fe-Co-V 系永磁材料所代替, 后者与前者相比, 加工性虽不甚高, 但现在正在使用。

鉴于上述情况, 为改善上述以 Fe、Mn 和 Ti 为主要成分的高 Mn 合金的磁性和加工性而提出本发明, 这种合金是由5~20%Mn、0.5~5%Ti、0.1~5%Cu, 余量为 Fe 和 C、Si、Al 或其它不可避免夹杂组成。与上述 Fe-Co-V 合金相比, 这种合金价格便宜, 磁性能优异, 磁滞回线的矩形性也好, 加工性极其优异。

按重量比由5~20%Mn、0.5~5%Ti 余量为 Fe 以及不可避免的夹杂组成的材料, 与上述以前的高 Mn 合金大体是一样的, 但由于加入0.1~5%的 Cu (重量%下同) 不仅对磁性有利, 而且轧制、冷锻等加工性也显著改善。因此, 要作成永磁体, 冷加工变得很容易, 可以认为制作成本降低。

若根据实例说明本发明, 则希望将9~15%Mn、1~4%Ti、1.0~3.5%Cu、余量为 Fe 以及夹杂融熔在一起, 浇注成适当的锭子, 在950~1200°C加热约5~30分钟之后, 空冷(放冷) 或根据必要通过水冷等方式进行淬火。

然后, 可以把这种试样以大约70~90%左右的变形率冷加工成丝、棒或板材, 但根据本发明, 由于 Cu 的加入加工性改善, 具有约98%的冷加工性, 因此, 前述冷加工可以非常顺利地进行。于是, 把上述冷加工成最后状态的试样经最初淬火以后, 约于450~550°C加热(回火) 约1~4小时, 或回火1~4小时以上。

可是, 这样得到的试样, 剩磁 $Br \div 14000G$, $H_c \div 100Oe$, 特别是, Br 在10000G以上, H_c 可在100~150Oe 之间的范围内任意选择, 磁滞回线的矩形比约为0.90以上。

上述添加元素, Cu 的含有量低于约0.1%, 则加工性和磁性的改善效果小, 而且, 若超过5%, 加工性好是好, 但磁性能显著下降, 所以上述0.1~5% (最好是1.5~3.5%) 是适

宜的。

而且, Mn 在 5 % 以下, 得不到数十 Oe 以上的矫顽力, 反之, 若超过 20 %, 则剩磁减少, 不能使用。Ti 对提高矫顽力有效, 但在 0.5 % 以下无效, 超过 5 % 剩磁 Br 减少, 同时冷加工性也大大降低, 这些金属的成份范围必须在上述范围内选择。

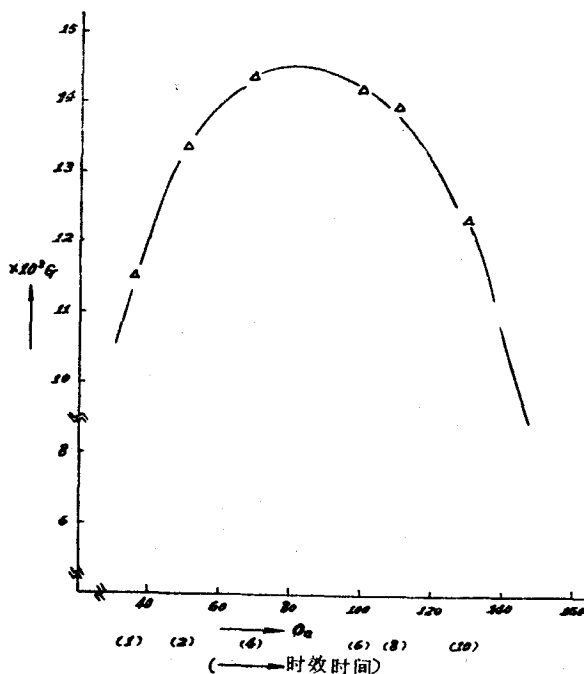
若示出本发明的具体数值典型例, 则成份为 10.5 % Mn, 2.0 % Ti、1.5 % Cu、余为 Fe, 将这种成份的试样在大约 1100°C 固溶处理, 然后水冷, 把这种试样在大约 450~500°C 回火, 并进行约 93 % 冷加工以后, 约于 480°C 进行时效, 时效处理后的磁性能 Br 和 H_c , 如图所示。最大的 $Br \div 14500G$, $H_c \div 80Oe$, 特别是, 常常需要 $H_c \div 100 \sim 120Oe$ 或 $100 \sim 150Oe$ 时, 最高剩磁 $Br \div 13500 \sim 14200G$, 或 $8000 \sim 14200G$, 可以说得到了具有上述性能优异的半硬磁材料。

而且, 由于添加了 Cu, 磁性能显著改善, 例如, 在制造过程中, 不采用冷加工, 而只进行热处理, 即使这样 Br 也达约 8000G 以上, 矫顽力 H_c 约为 $100 \sim 120Oe$, 可以得到这样程度的有用的磁特性。

如上所述, 若按本发明, 在以 Fe、Mn、Ti 为主要成份的高 Mn 半硬磁材料中加入 0.1~5 % 范围内的 Cu, 因而得到上述优异磁性能, 而且容易加工, 因而容易制造, 是一种廉价的 Fe-Mn 以及 Ti 为主要成份的半硬磁材料, 可代替高价的 Fe-Co-V 系永磁材料。有很大的实用价值。

特许申请范围

1. 重量比为 5~20 % Mn、0.5~5 % Ti, 0.1~5 % Cu 以及余量为 Fe 组成的高 Mn 半硬磁材料。



Fe-Mn系半硬磁材料及其制法

德 岛 忠 夫

发 明 的 详 细 说 明

本发明涉及不必进行冷加工的半硬磁材料。

发明的背景：与昭46—1693相同。

本发明解决了这些问题，提供了制造磁滞电机用的内转子所需优异磁性的半硬磁材料。

发明者在以前的申请书中提出了 Mn 为 7~13%、Cu 为 1~4%、Ti 为 0.4~5%、Si 为 0.1~2.5%、余量为 Fe（及夹杂）的半硬磁材料（特公昭43—53644）。

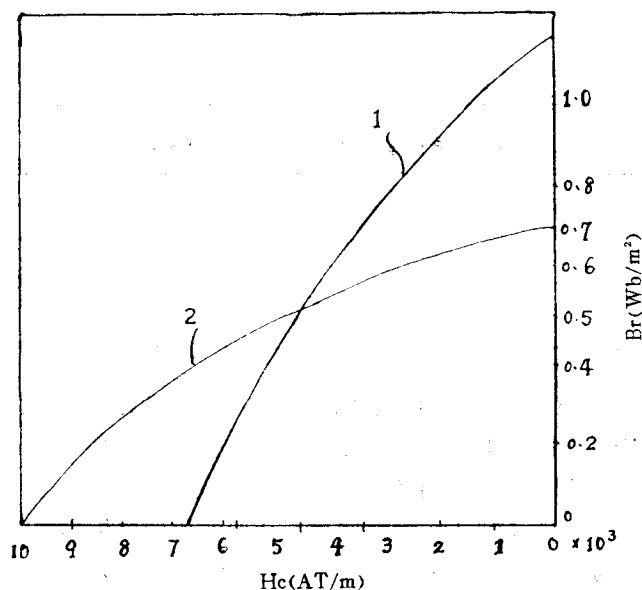
上述成份的半硬磁材料制造的外转子型磁滞电机，与以前的阿尔尼柯型合金制的相比，起动转矩和脱出转矩都足以媲美。

可是，在制造内转子场合，在脱出转矩这一点上比阿尔尼柯合金的差。按本发明制取的合金，与按上述出愿发明的相比，由于 Mn 含量增加（添加到13~15重量%）， H_c 值增大，适于作内转子材料。而且，为了防止伴随 Mn 含量增高 Br 降低，而加入其它的添加元素。

本发明的半硬磁材料的特点是：在 Co 为 0.1~8重量%和 Cr 为 0.1~6重量%的系列（组）中选一种或二种，Mn 为 13~15重量%（但不含13%）、Cu 为 1~3%，Ti 为 0.2~4%，余量为 Fe 和不纯物。

以下用图详细说明本发明的实例。

图 1 中示出以前申请的发明合金（即 Mn12%、Cu2%、Ti3%、Si1.1%、余量为 Fe 及



图：Fe-Mn-Cu-Ti 系合金的磁性能

不纯物)的磁性。

图2为本发明合金的磁性,其成份为:Mn: 13.3%; Cu: 1.5%; Ti: 1.8%; Co: 4.0%; Cr: 3.0%,余量是Fe及夹杂。

本发明合金,由于Mn含量较多(13~15%), H_c 增高,达到7200~10800[AT/m],反之,Br却降低(0.5~0.7[Wb/m²])。为防止伴随 H_c 增加Br的降低,或者为了积极地使Br提高,减少有使Br降低作用的Cu、Ti等元素的含量,加入防止Br降低的Co。这样,在 H_c 值增大的同时,就防止了Br的降低,可以得到对磁滞电机内转子材料很适宜的磁性(H_c 值增大,即意味着脱出转矩增大)。兹将磁滞电机中使用以前的阿尔尼柯系合金场合(下表A)和以前发明的半硬磁材料(Mn7~13%)场合以及使用本发明合金场合比较如下。

(A) 阿尔尼柯系合金制的

	定 格	起 动 转 矩 gcm	脱 出 转 矩 gcm
外 转 子	50V 10W	85~75	55~40
内 转 子	100V 300W	360	370

(B) 按以前按明(Mn7~13%)制的

	实 例	起 动 转 矩 gcm	脱 出 转 矩 gcm
外 转 子	50V 9.5W	87	55
内 转 子	100V 31W	480	220

(C) 根据本发明制取的(Mn13~15%)

	实 例	起 动 转 矩 gcm	脱 出 转 矩 gcm
内 转 子	100V 31W	370	360

由上表可以看出,根据以前发明制取的半硬磁材料,在作外转子时,可与以前的阿尔尼柯系合金相比,作内转子时,其起动转矩不成问题,但脱出转矩差。可是,在使用本发明材料时,起动转矩和脱出转矩都比以前的阿尔尼柯系合金好。

这样,在磁性当中,为了使 H_c 大大增加,从而使磁滞电机用内转子的脱出转矩增大,Mn含量以13~15%为宜。超过15%, H_c 进一步增大,Br值降到0.4[Wb/m²]以下,不能采用。因为Cu溶解到过饱和固溶体中而引起晶格畸变,其加入量可根据固溶量决定为0.1~

3 %。

Ti 有细化晶粒、使 γ 相析出的作用，但加入 0.2% 以下， γ 相的析出不能充分进行。

因为，Cu 和 Ti 都有使 Br 值降低的作用，故添加 0.1~8%。而且，Cr 有使 Hc 增高、防止 Br 降低的两重作用，其含量 0.1~6% 较宜。

本发明合金的夹杂应尽可能少。对于 C，希望在 0.05% 以下。

本发明的第二部分，目的是要提高磁性、制出磁性能优异的半硬磁材料。经过特定的热处理可以达到这一目的。

制造方法：与昭 46—1693 同。

热处理方法：

为使这种合金得到令人满意的磁性，必须进行热处理。本发明涉及的半硬磁材料的热处理方法，其特点是含在 Co 0.1~8%、Cr 0.1~6% 组成的系列中选出一种或二种、含 13~15% Mn（但不含 13%）、含 1~3% Cu、0.2~4% Ti、余量为 Fe（以及不纯物）的合金、在居里点以下进行复数回的加热冷却处理，在各处理阶段的加热温度不比其前段处理的加热温度低。

也即是说，本发明的复数次的加热工艺意味着包括：首先使由最初体心立方结构的晶粒组成的 γ 相的核非常微细地均匀地分散的阶段和此后温度增高使核长大的阶段，使 γ 相的核在 α 相中均匀地大量分散（25% 左右最适合）。而且，在复数回热处理当中，为防止不均性分散少许将温度增高也行。

这样，本发明的热处理为双段加热处理工艺。在这种情况下，各处理阶段的冷却温度在 100°C 以下对磁性提高也是令人满意的。可是，为使热处理简化，也可省略冷却处理工艺。因此，在本发明中是否采用冷却工艺，可任意选择。

实 例 1

(1) 成份：

	配料成份 (重量%)	铸造后成份 (重量%)
Mn	13.5	13.3
Cu	1.5	1.5
Ti	2.0	1.8
Co	4.0	4.0
Cr	3.0	3.0
Fe	余量	余量

(2) 磁性

状 态	Hc 值[AT/m]	Br 值[Wb/m ²]
铸 态	2000	0.1
热处理	10000	0.7
1100°C 2 小时水冷后		
400°C 5 小时		
550°C 1 小时		

而且, 本发明中各元素的分析值是由与昭46—1693同样的方法测定的。

特 许 申 请 范 围

1. 成份是 Co 为0.1~8%和 Cr 为0.1~6%组成的系列中选取一种或二种、Mn 为13~15% (但不含13%)、Cu 为1~3%、Ti 0.2~4%、余量为 Fe (及不纯物) 为特征的半硬磁材料。

(2) 由 Co 为0.1~8%和 Cr 为 0.1~6%组成的系列中选取一种或二种、Mn 为13~15% (但不含13%)、Cu 为1~3%、Ti 为0.2~4%、余量为 Fe (以及不纯物) 组成的合金在居里点以下进行复数次的处理, 其特点是各处理阶段的加热温度不比其前段工艺中的加热温度低。这是制取半硬磁材料的特点。

引 用 文 献

特许公报 昭 46~1692

译自“特许公报”昭47—46647

Fe-Mn 系 半 硬 磁 材 料

德 岛 忠 夫

发 明 的 详 细 说 明

本发明关系到不需要进行冷加工的半硬磁材料。

发明的背景:

半硬磁材料可用作磁滞电机材料, 以前, 采用 Fe-Co-V 系 (即维加洛 (Vicalloy)) 系, Fe-Co-Ni-Al 系 (即阿尔尼柯系) 半硬磁材料。

可是, 这些合金不能满足要求。换句话说, 虽然磁性能不坏, 但前者硬度高, 要得到良好的磁性, 对冷加工技术要求很高; 后者因为几乎不能进行车削机械加工, 要加工成所需要的形状非常困难, 甚至不可能。因为这些材料都是以高价的 Co、Ni、V 为主要成份, 从经济方面考虑很不利。由于这些理由, 虽然电唱机电机、磁带录音机电机、钟表用电机等应用领域很广, 但现状都是不大使用这些合金。

现在, 先介绍一下不含 Co、Ni 等高价原材料的磁性材料。据知, 这种材料经过特定加工以后可具有比较好的磁性 (Jellinghaus 1941年)。可是, 这种合金要得到所期望的磁性, 必须进行很强的冷加工。这实际上作起来很困难, 故还未能取代上述合金。众所周知, 含 1~14重量% Mn 的二元 Fe-Mn 系合金, 一旦急冷, 其矫顽力即增加, 可是这种合金磁性能非常不好, 未能提供实际利用。

此外, 最近在日本进行了在 Fe-Mn 中添加 Cu 和 Ti 从而改善其磁性能的尝试。然而, 由于均采用很强的 (80%以上) 的冷加工, 作为电机材料要作成环状时, 加工率要达到80%以上是很困难的。因为, 难以达到磁滞环所要求的磁性 ($H_c = 4800$ [AT/m] 以上, $B_r = 0.7$ [Wb/m²]), 所以未广泛采用。

由于这些原因, 鉴于考虑要广泛应用, 希望得到不必进行冷加工即有良好磁性的廉价半硬磁材料。

本发明的目的就是要解决这些问题。为此, 在 Fe-Mn-Cu-Ti 合金中加入 Si 从而达到上述目的。

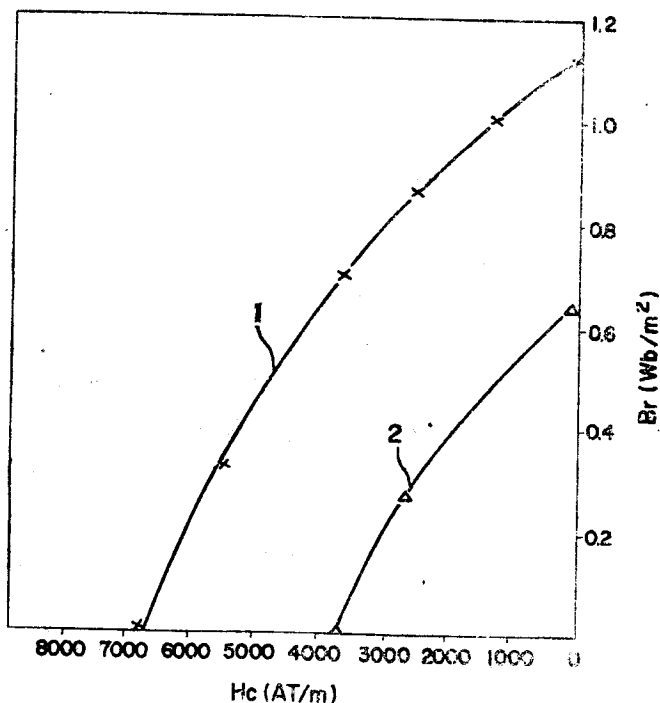
本发明的特征

因此, 本发明半硬磁材料的特征是: 其成份由 7~13%Mn (重量%, 下同), 1~4% Cu, 0.4~5%Ti, 0.1~2.5%Si, 余量为 Fe (以及不纯物) 组成。

本发明合金是一种采用廉价的原材料, 不必进行冷加工, 只经过铸造和热处理即可得到充分磁性的材料。而且, 与阿尔尼柯系不同, 容易进行冷加工, 因此经过车削加工即可得到所需形状。这一点, 加上原材料便宜, 就使本发明合金具有经济意义。而且, 这种发明合金, 若不进行冷加工, 就难以说是磁性材料, 故在 Fe-Mn-Cu-Ti 合金系中主动地加入 Si, 从而使 H_c 以及 B_r 值大大提高, 得以成功地制成半硬磁材料。换句话说, 本发明合金, 一般 H_c 值为 4000~11200 [AT/m], B_r 值为 0.7~1.1 [Wb/m²]。

在 Fe-Mn-Cu-Ti 中加 Si 的效果如图所示。图中示出 Mn 为 12%、Cu 为 2%、Ti 为

3%、Si 为1.1%、余量为 Fe 的 1 号合金以及上述情况下不含 Si 的 2 号合金在600°C热处理 1 小时以后的数值。Br 和 Hc 都增加 1 倍以上。根据本发明，加 Si 以后之所以能看到这种效果，是因为由于 Si 的加入，在高温下稳定的非磁性 γ 相变得不稳定，容易变为铁磁性的 α 相，而且，由于有减少防害这种相变的微量 C 等作用。



Mn 含量的范围:

为了得到这种效果，首先，其合金的 Mn 含量不得超过 13%。换句话说，Mn 含量超过 13% 时，单靠热处理 Br 难以达到 0.7 [Wb/m²] 以上，因而必须进行冷加工。例如，Hc 值难以达到 4000 [AT/m] 以上。在铁磁性相中非铁磁性相弥散の場合，其比例为 3:1 时从理论上讲可得到最佳磁性，但在本发明中，由于考虑到其它添加元素的作用，从性能上考虑，将 Mn 含量定为 7~13%。

Cu 的作用:

Cu 在过饱和固溶体中溶解时有引起晶格畸变的作用，根据固溶量把其含量定为 1~5%。

Ti 的作用:

Ti 有使晶粒细化，从而促使 γ 相析出的作用，加入 5% 以上对磁性有害，但加入 0.4% 以下， γ 相的析出不能充分进行。

加 Si 的范围:

加 Si 在 0.1% 以下，若不进行冷加工，就得不到所期望的磁性，另一方面，加 Si 2.5% 以上使磁性能，特别是 Br 降低。

本发明合金的夹杂物越少越好。特别是希望 C 在 0.05% 以下，Al 在 2% 以下。

制造方法:

这种合金可用常规方法制造。所以，将各组成元素配比成既定比例，在空气中、真空中

或惰性气氛中进行熔炼。这时，也可将各种元素分阶段加入。在所有成份都加入以后，保温适当时间（例如，2~7分钟），然后浇注到金属型、砂型、壳型等适当的铸型中，从而铸成所需形状，例如环状。

铸造制品的急冷速度越高，性能越好。这是为了使晶粒细化，尤其是为了可以形成过饱和固溶体。铸造制品的急冷速度缓慢时，在1300°C以上保温15分钟，经过水冷，进行固溶处理为宜。

这样得到的铸造制品，可根据必要，进行机械加工。如上所述，本发明合金容易机械加工。

热处理方法：

为了使这种合金得到所需的磁性能进行了热处理。热处理在居里点以下，进行一次到数次，在适当温度保温适当时间。

实 例

(1) 成 份

配入成份(重量%)		分析值(重量%)
Mn	12.0	10.1
Cu	2.0	2.0
Ti	3.0	1.8
Si	1.1	1.1
Fe	余量	余量

(2) 磁性能

状 态	H_c 值(AT/m)	Br 值
		[Wb/m ²]
铸造状态	3300	0.55
	(1800)*	(0.32)*
热处理(600°C/ 1小时)以后	6600	1.1
	(3600)*	(0.64)

此外，本发明中各元素的分析值，是用下述方法测定的。

Mn	容量法(JIS G1213)
Cu	容量法
Ti	吸光光度法
Si	重量法(JIS G1212)

此外，图中曲线1示出具有本发明成份的合金在热处理以后的磁性能。曲线2实际是由同一合金在一样条件下测定的磁性，只是未加Si。

特 许 申 请 范 围

1. 由7~13%Mn、1~4%Cu、0.4~5%Ti、0.1~2.5%Si、余量为Fe(以及不纯物)组成的半硬磁材料。

译自“特许公报”昭46-1693

* 除未加Si以外，实际上是对同一合金的测定值。

Fe-Mn 系半硬磁材料

德島忠夫

图的简单说明

图中示出 Fe-Mn-Cu-Ti 系合金的磁性。

发明的详细说明

本发明涉及到不需要冷加工的半硬磁材料。尤其是，碳含量在0.3%以下是其特点。

发明的背景：与昭46-1693相同。

本发明的目的就是要解决这些问题，为此，在 Fe-Mn 系合金中加入 Cu、Ti，特别是使合金中的 C 含量降到0.3重量%，从而得到含 C 量低于0.3重量%的 Fe-Mn-Cu-Ti 合金，以便达到此目的。

发明者受到前人的启示，得知在 Fe-Mn 系合金中添加 Si 可以提高磁特性。这是因为加 Si 以后在高温下稳定的非磁性 γ 相变得不稳定，从而容易变成铁磁性的 α 相之故。

可是，进一步继续进行研究的结果，得知不加 Si 也可得到预期的磁性。换句话说，当制造 Fe-Mn 合金时，有时把原料在大气中熔炼有时在原料中使用电解铁和电解锰（熔炼在大气中、在真空中都行）。

为此，对各种实验数据的研究结果表明，作为夹杂存在的 C 的不良影响变得极大。使 C 含量降到一定值以下场合，加 Si 没有必要，得知磁性能提高。也即是说，使用通常材料时，若在大气中熔炼，作为夹杂大量存在的 C 与大气中的 O_2 结合形成 CO_2 而消失掉，因此，产品中的 C 含量极少。或者，在用电解铁和电解锰作原料时，因为原料本身只含有极少的 C，无论在大气中熔炼、在真空中熔炼，在成品中的 C 含量都是极少的。

因此，本发明半硬磁材料的成分是：7~13 重量% Mn、1~4 重量% Cu、0.4~5 重量% Ti、5~8 重量% 的 Cr、Co 或 Ni（但不含 5 重量%）余量为 Fe（以及不纯物）。其特点是 C 含量在0.3重量%以下。

制造方法：

本发明合金是采用廉价的原料，即使不采用冷加工，只借助铸造和热处理即可得到充分的磁性的一种半硬磁材料。可是与阿尔尼柯系（AlNiCo 系）不同，因为容易进行机械加工，例如经过车削（旋盘）即可加工成所需形状。这一点，加上原材料便宜，就使本发明合金成为一种经济的合金。而且，本发明合金，若不进行冷加工，就不能作为磁性材料。

Fe-Mn 合金的 C 含量最后减少到0.3%以下，从而使 H_c 值和 Br 值大大提高，用作半硬磁材料是胜任的。即本发明合金一般 H_c 值达到4000~11200[AT/m]（50~140Oe），Br 值达到0.7~1.1[Wb/m²]（7000~11000G）程度。

Mn 含量范围：与昭46-1693相同。

Cu 和 Ti 的范围作用与昭46-1693相同。

合金的热处理：合金的热处理温度，Mn 含量多时要低，Mn 含量少时要高。因此，Mn 的分析值若不限制在 $\pm 0.5\%$ 以内，就要使热处理温度发生变化。这在工艺上是很麻烦的，使工业生产可能性降低。

可是，真空熔炼情况下，使 Mn 的分析值限制在 $\pm 0.5\%$ 以内很困难。因此，Mn 的分析值的容许误差增大，而且，为消除热处理温度的波动，添加 5~8%（但不含 5 重量%）的 Cr、Co 或 Ni。这些添加元素抑止住 Mn 的固有机能（行为），其分析值的容许误差可以增加到 $\pm 1\%$ ，在该场合下的热处理温度也没有必要改变。

此外，由于添加上述元素可以进一步提高切削加工性。

制造方法：与昭46-1693相同。

为了使这种合金得到所期望的磁性进行了热处理。热处理最好在居里点以下进行一次到数次，在适当温度保温适当时间。

实 例

(1) 成份

	配料成份 (重量%)	分析值 (重量%)
Mn	12.0	10.1
Cu	2.0	2.0
Ti	3.0	1.8
Cr	6.0	5.9
C	3.0	0.3
Fe	余量	余量

(2) 磁性能

	Hc 值 [AT/m](41.5Oe)	Br 值 [Wb/m ²](5500G)
状 态		
铸 态	3300	0.55
热处理后 (580°C/1小时)	6600(83Oe)	1.1(11000G)

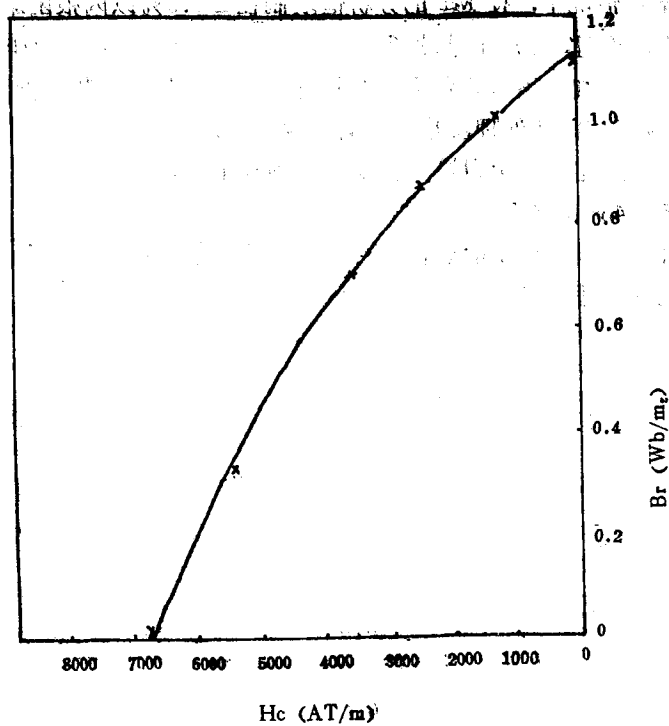
但是，C 的配料成分 3 重量%并不是主动添加进去的。

而且，本发明中各元素的分析值是用下述方法测定的。

Mn.....	容量法(JIS G1213)
Cu	容量法(JIS G1213)
Ti.....	吸光光度法
Cr	容量法
Co	容量法
Ni.....	容量法

特 许 申 请 范 围

以成分为含 Mn 7~13 重量%、Cu 1~4 重量%、Ti 0.4~5 重量%、Cr、Co 或 Ni 5~8 重量%、C 在 0.3 重量% 以下，余为 Fe（以及不纯物）为特征的不必进行冷加工的半硬磁性材料。



译自“特许公报”昭47-35644