



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02141202.2

[43] 公开日 2003 年 3 月 5 日

[11] 公开号 CN 1400611A

[22] 申请日 2002.7.2 [21] 申请号 02141202.2

[30] 优先权

[32] 2001. 8. 1 [33] JP [31] 233277/2001

[71] 申请人 日新制钢株式会社

地址 日本国东京都

[72] 发明人 森川广 马场园胜典 藤井孝浩
山内隆

[74] 专利代理机构 北京三幸商标专利事务所

代理人 刘激扬

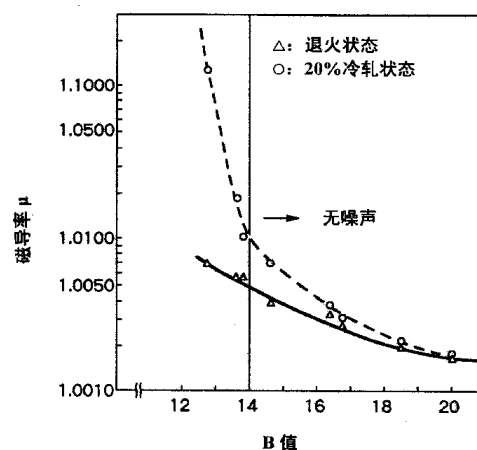
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 2 页

[54] 发明名称 电阻材料

[57] 摘要

本发明涉及一种电阻材料，包括有一种 Fe - Cr - Ni 合金，该合金具有的组成为：C 最高达 0.1 质量%、Si 最高达 5 质量%、Mn 最高达 6 质量%、Cr 9 - 32 质量%、Ni 6 - 25 质量%、N 最高达 0.2 质量%、Mo 0 - 3 质量%、Cu 0 - 4 质量%、Al 0 - 5 质量%、Ti 0 - 0.4 质量%、Nb 0 - 0.4 质量%、B 0 - 0.005 质量%以及余量基本上为 Fe，同时其条件为，式(1)所规定的 A 值和式(2)规定的 B 值分别不小于 78 和 14。该电阻材料电阻率高同时具有较小的温度关系，由此制得的电阻器工作良好而在电流通过时没有噪声。

$$A = 0.008 \times (\%Cr)^3 - 0.43 \times (\%Cr)^2 + 8.03 \times (\%Cr) + 6.8 \times (\%Si) + 10.9 \times (\%Al) + 0.56 \times (\%Mo) + 0.92 \times (\%Ni) \quad (1)$$

$$B = (\%Ni) + (\%Cu) + 0.6 \times (\%Mn) + 9.69 \times (\%C + \%N) + 0.18 \times (\%Cr) - 0.11 \times (\%Si)^2 \quad (2)$$


1.电阻材料，该材料的组成如下：C 最高达 0.1 质量%、Si 最高达 5 质量%、Mn 最高达 6 质量%、Cr 9-32 质量%、Ni 6-25 质量%、N 最高达 0.2 质量%以及余量除不可避免的杂质外为 Fe，同时其条件为，将式(1)规定的 A 值和式(2)规定的 B 值分别调节至不小于 78 和 14。

$$A = 0.008 \times (\%Cr)^3 - 0.43 \times (\%Cr)^2 + 8.03 \times (\%Cr) + 6.8 \times (\%Si) \\ + 10.9 \times (\%Al) + 0.56 \times (\%Mo) + 0.92 \times (\%Ni) \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$B = (\%Ni) + (\%Cu) + 0.6 \times (\%Mn) + 9.69 \times (\%C + \%N) \\ + 0.18 \times (\%Cr) - 0.11 \times (\%Si)^2 \quad \dots\dots\dots(2)$$

2.如权利要求 1 所述的电阻材料，其中该材料还包含有一种或多种最高达 3 质量%的 Mo、最高达 4 质量%的 Cu、最高达 5 质量%的 Al、最高达 0.4 质量%的 Ti、最高达 0.4 质量%的 Nb 以及最高达 0.005 质量%的 B。

电阻材料

技术领域

本发明涉及用作设置在中性点的电源变压器或发电机中的接地电阻器、电阻控制机动车的主或制动电阻器等所代表的电阻器的电阻材料。

背景技术

一个电阻器应具有的特性是，其电阻率不受环境的变化所影响，而仍保持在恒定的值。然而，电阻器经常受到焦耳热加热，例如，由于强电流，动力或车辆电阻器被加热至高达 400℃ 左右。由于金属电阻器具有的缺点是，通常当温度升高时其电阻率降低，所以迄今已将具有较低电阻率温度关系的高电阻材料用于动力或车辆电阻器。

作为高电阻材料已知有一种 Fe-Cr-Al 合金，例如 FCH1 或 FCH2。由于 FCH1 或 FCH2 含有 17-26 质量%Cr 和 2-6 质量%Al，所以其电阻率高同时具有较低的温度相关性。然而，FCH1 或 FCH2 是铁磁性的，因此电流通过电阻器产生磁场。磁场引起电阻器振动并出现噪声。该振动和噪声可通过使用非磁性材料，例如 NCH1、NCH2 或 NCH3 作为电阻器得到抑制。然而，NCH1、NCH2 和 NCH3 由于含有高比例的 Ni 价格昂贵并且还由于在升高温度时的抗变形性热加工性低劣以及在热轧时产生表面缺陷(乱丝缺陷)。

同时，含有 18 质量%左右 Cr 的不锈钢，如 SUS304，具有高

于普通钢 $70\mu\Omega \cdot \text{cm}$ 的电阻率，但与常规电阻材料比较，该电阻率根据温度变化而大大改变。此外，在退火状态为非磁性的不锈钢 SUS304，通过机械变形而改变成铁磁状态。结果，通过使不锈钢板成形成目的形状而制得的电阻器，由于生成磁场而产生巨大噪声。可通过增加 Si 和 Al 含量而使不锈钢 SUS304 的电阻率更高。但是，增加 Si 和 Al 使得钢板更硬并且弯曲可成形性低劣，并且还加剧产生铁磁性状态。

发明内容

本发明的一个目的是为了通过采用适于提高电阻率和降低磁导率的合金化设计提供电阻材料，该材料电阻率高同时温度关系较小并且几乎不产生在电流流通时由磁场引起的噪音。

本发明提出了新的电阻材料，该材料的组成如下：C 最高达 0.1 质量%、Si 最高达 5 质量%、Mn 最高达 6 质量%、Cr 9-32 质量%、Ni 6-25 质量%、N 最高达 0.2 质量%、Mo 0-3 质量%、Cu 0-4 质量%、Al 0-5 质量%以及余量除不可避免的杂质外为 Fe，同时其条件为，将式(1)规定的 A 值和式(2)规定的 B 值分别调节至不小于 78 和 14。

$$A = 0.008 \times (\%Cr)^3 - 0.43 \times (\%Cr)^2 + 8.03 \times (\%Cr) + 6.8 \times (\%Si) \\ + 10.9 \times (\%Al) + 0.56 \times (\%Mo) + 0.92 \times (\%Ni) \quad \dots\dots(1)$$

$$B = (\%Ni) + (\%Cu) + 0.6 \times (\%Mn) + 9.69 \times (\%C + \%N) \\ + 0.18 \times (\%Cr) - 0.11 \times (\%Si)^2 \quad \dots\dots(2)$$

所建议的电阻材料还可含有一种或多种最高达 0.4 质量%Ti、最高达 0.4 质量%Nb 和最高达 0.005 质量%B。

附图说明

图 1 是说明室温时电阻率与 20-400℃ 范围内电阻率的平均温度系数关系的曲线图。

图 2 是说明 B 值对磁导率 μ 作用的曲线图。

具体实施方式

本发明人已经对电导率及其温度关系试验了不同种类的电阻材料，并寻找了热加工性及弯曲成形性良好且还在使用时几乎不产生噪声的电阻材料。较低的电导率温度关系对于在电流通过时经常被加热至 400℃ 左右的动力或车辆电阻器是必要的。具体的是，在 20-400℃ 范围时，电阻率的平均温度系数将被控制在不大于 1.0007/℃ 的值。

如图 1 所示，根据本发明人对在 20-400℃ 范围内，电阻率与平均湿度系数关系的研究，发现了电阻率不小于 $85\mu\Omega \cdot \text{cm}$ 对控制平均温度系数不大于 1.0007/℃ 是必要的。另一方面，为了抑制产生由生成磁场所引起的噪声，电阻材料将是非磁性的。

考虑到这些要求，本发明人已详尽地研究了 Fe-Cr-Ni 合金组成对电阻率的作用，并发现了电阻率 R 可由下式表示：

$$R = 0.008 \times (\%Cr)^3 - 0.43 \times (\%Cr)^2 + 0.83 \times (\%Cr) + 6.8 \times (\%Si) \\ + 10.9 \times (\%Al) + 1.0 \times (\%Mo) + 0.92 \times (\%Ni) + 7.4$$

该关系意味着通过将式(1)所规定的 A 值控制在 78 或更高使电阻率 R 调节至不小于 $85\mu\Omega \cdot \text{cm}$ 的水平。

通常，通过磁导率评价非磁性。通常是通过将电阻材料片折叠成锯齿形状而制成的电阻器，因为它必需被容纳在狭窄的空间中。当电阻材料即使在锯齿折叠状态保持磁导率不大于 1.010 时，噪声的产生被抑制。锯齿折叠生成的应变度最多相应于 20% 冷轧比。在这一意义上，本发明人已对退火状态下的试样和在 20% 下

冷轧的试样研究了合金化组成与磁导率 μ 的关系，并如图 2 所示，发现了磁导率 μ 是由式(2)所规定的 B 值所预测。磁导率 μ 与 B 值的关系证明了即使在 20%冷轧状态时通过将 B 值控制在不小于 14 的水平，磁导率 μ 保持不大于 1.010。这样低的磁导率 μ 意味着即使在已锯齿折叠后，该电阻材料仍是非磁性的。

新近提出的 Fe-Cr-Ni 合金组成被设计成使得满足用作电阻材料的 $A > 78$ 和 $B > 14$ 。通过如下解释，该合金的各个组份的作用将变得显而易见。

C 是一种对非磁性有效的元素，但过量添加大于 0.1 质量%的 C 会使合金更硬并且弯曲成形性低劣。

Si 是提高电阻率的一种元素，但过量添加大于 5 质量%的 Si 会使合金更硬并且弯曲成形性低劣。

Mn 是一种保持非磁性状态的合金化元素，但过量添加大于 6 质量%Mn 会引起精炼时难溶材料的破坏。

Cr 是一种提高电阻率以及耐腐蚀和高温氧化的合金化元素。比例在 9 质量%或更高时典型地表明了这些作用。然而，过量添加高于 32 质量%Cr 在热轧时引起在合金板表面产生划痕并且还使合金板的韧性和加工性恶化。较佳的是将 Cr 含量的上限确定为 20 质量%。

Ni 是一种保持非磁性状态并提高电阻率的合金化元素。通过增加 Ni 含量不会使 Fe-Cr-Ni 合金怎么变硬。为保证加工性，至少 6 质量%Ni 是必要的，但过量添加高于 25 质量%Ni 在升高温度时造成抗变形性的提高并且在热轧步骤中产生来自合金板表面上晶粒边界的破裂。较佳的是将 Ni 含量的上限确定为 15 质量%。

N 是一种保持非磁性状态有效的元素，但过量添加大于 0.2 质量%N 会固溶硬化 Fe-Cr-Ni 合金。可以将 N 含量调节到正常水平(即小于 0.03 质量%)，在常规精炼工艺中 N 以该含量被包含在

合金中，而不是有意添加。

Mo 是一种提高电阻率的任选元素，但过量添加高于 3 质量%Mo 使 Fe-Cr-Ni 合金固溶硬化，导致不良加工性。

Cu 是一种具有较小的固溶硬化，保持非磁性状态的任选元素。然而，过量添加高于 4 质量%Cu 使高温展延性恶化并在热轧时引起产生耳子裂纹。

Al 是一种对提高电阻率最有效的任选元素，但过量添加高于 5 质量%Al 加速了大量产生 Al-N 金属间化合物并使高温展延性恶化。较佳的是将 Al 含量的上限确定为 2 质量%。

Ti 是一种改进弯曲成形性的任选元素，但过量添加高于 0.4 质量%Ti 造成在由连铸工艺制得的板钢表面上产生划痕。

Nb 是一种改进高温强度的任选元素，但过量添加高于 0.4 质量%Nb 使 Fe-Cr-Ni 合金的展延性恶化。

当代表非磁性的 B 值超过 17 时，易于在热板的表面上产生来自晶粒边界的裂纹。B 是抑制这些裂纹的元素。然而，过量添加高于 0.005 质量%B 使晶粒边界处的熔化温度降低，导致不良的热加工性。

实施例

在高频真空炉(30kg)中将具有表 1 所示组成的一些 Fe-Cr-Ni 合金熔化。通过铸造，初轧，热轧，退火，酸洗，冷轧，最终退火，酸洗并而后最终冷轧由各个熔体中制得厚度为 2mm 的 Fe-Cr-Ni 合金板。

在热轧步骤中，本发明人研究了合金板表面上的裂纹以及还有合金板边缘的裂纹。本发明的合金 Nos.1-8 为热轧成目的形状而在其表面或边缘设有裂纹。对比合金 Nos.11 和 12 也是被热轧而设有裂纹，但在对比合金 No.13 的热轧板表面上检测到显著的裂纹。

表 1: Fe-Cr-Ni 合金的化学组成

合金号	合金化组份(质量%)												值		注
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	Nb	Al	Mo	Ti	N	B	A	B	
1	0.06	4.2	4.9	13.0	19.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.15	0.004	92	19	发 明 实 施 例
2	0.06	3.3	0.8	12.8	19.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.03	0.000	86	16	
3	0.06	3.2	0.6	15.0	18.5	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.03	0.000	95	18	
4	0.04	2.5	0.8	13.1	17.3	0.0	0.0	0.1	2.5	0.0	0.03	0.000	84	17	
5	0.06	3.0	0.4	11.9	18.3	2.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.01	0.003	84	17	
6	0.09	4.0	3.0	8.0	22.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.03	0.000	88	16	
7	0.04	0.6	0.8	20.0	25.0	0.0	0.0	0.6	2.5	0.0	0.03	0.003	87	26	
8	0.04	3.0	0.4	13.0	19.5	2.0	0.0	0.0	0.8	0.2	0.04	0.003	85	19	
11	0.06	0.6	0.8	8.1	18.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.04	0.000	63	13	对 比 例
12	0.05	3.6	1.5	8.9	18.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.03	0.000	84	12	
13	0.06	0.4	2.9	14.0	18.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.15	0.000	67	21	

由各个 Fe-Cr-Ni 合金切下试验块并使经受如下的电阻率、电阻率温度关系，以及磁导率 μ 试验：

通过 JISC2526 所规定的电阻率 - 温度研究试验在不同温度下测量电阻率。由测量值计算出 20-400℃ 范围内平均温度系数 α 20-400。

将所切下以 20% 冷轧的各合金板的试验块用于使用磁秤测量磁导率 μ 。

示于表 2 的结果证明了本发明 Fe-Cr-Ni 合金具有的电阻率温度关系小于 1.0007/℃。在以 20% 冷轧状态的任何本发明合金的磁导率 μ 的值均为适于抑制噪声的小于 1.010。

另一方面，A 和 B 值两者皆小的对比合金板 No.11 显示出大

的电阻率温度关系，由此制得的电阻器在使用时产生高噪声。对比合金板 No.12 由于 A 值大于 85，显示出小的电阻率温度关系，但由于 B 值小，由此制得的电阻器产生高噪声。对比合金板 No.13 由于 B 值是适于抑制噪声的 19，是非磁性的，但由于 A 值小，显示出不适于电阻材料的大的电阻率温度关系。

表 2：各种 Fe-Cr-Ni 合金的性能

实施 例号	合金 号	电阻率 ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)	20-400℃范围内电阻 率温度关系(/℃)	20%冷轧状态 下磁导率 μ	注
1	1	99	1.00024	1.002	发 明 实 施 例
2	2	93	1.00051	1.003	
3	3	100	1.00021	1.002	
4	4	91	1.00055	1.003	
5	5	90	1.00056	1.003	
6	6	95	1.00048	1.003	
7	7	94	1.00051	1.001	
8	8	92	1.00039	1.002	
9	11	71	1.00092	1.126	对 比 例
10	12	92	1.00054	1.562	
11	13	74	1.00082	1.002	

本发明的电阻材料包括一种 Fe-Cr-Ni 合金，该合金的组成被设计成使得满足表示各种合金化元素对电阻率作用的 A 值不小于 78 以及表示各种合金化元素对非磁性作用的 B 值为不小于 14。由于所控制的 A 和 B 值，该 Fe-Cr-Ni 合金在具有较小温度关系同时具有高的电阻率，并且由此制得的电阻器工作良好而没有由于电流产生的磁场引起的噪声。结果，该电阻材料用作发电机、电阻控制机动车或各种工业领域不同目的的电阻器。

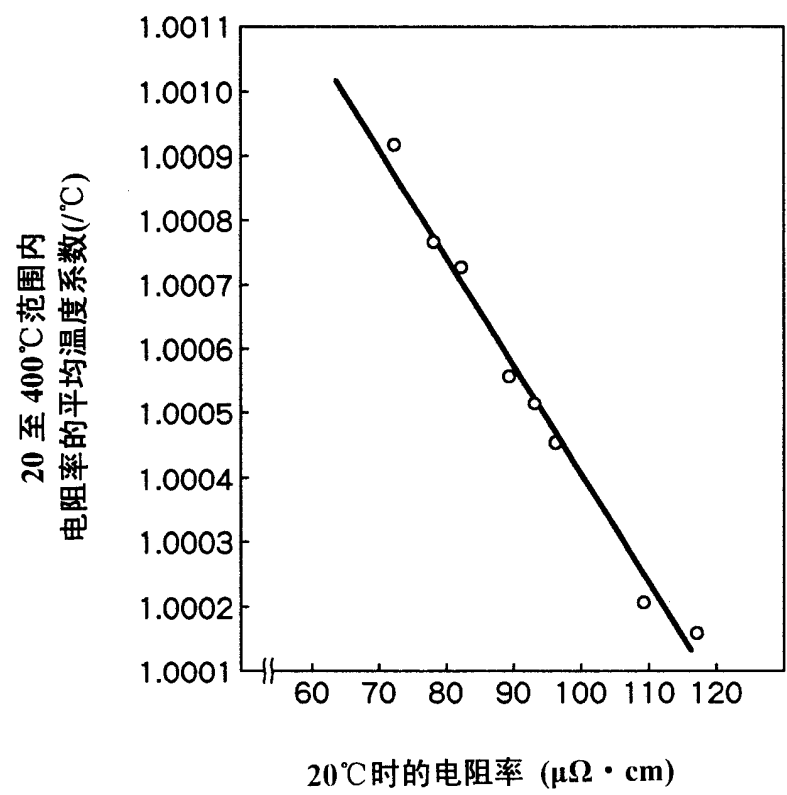


图 1

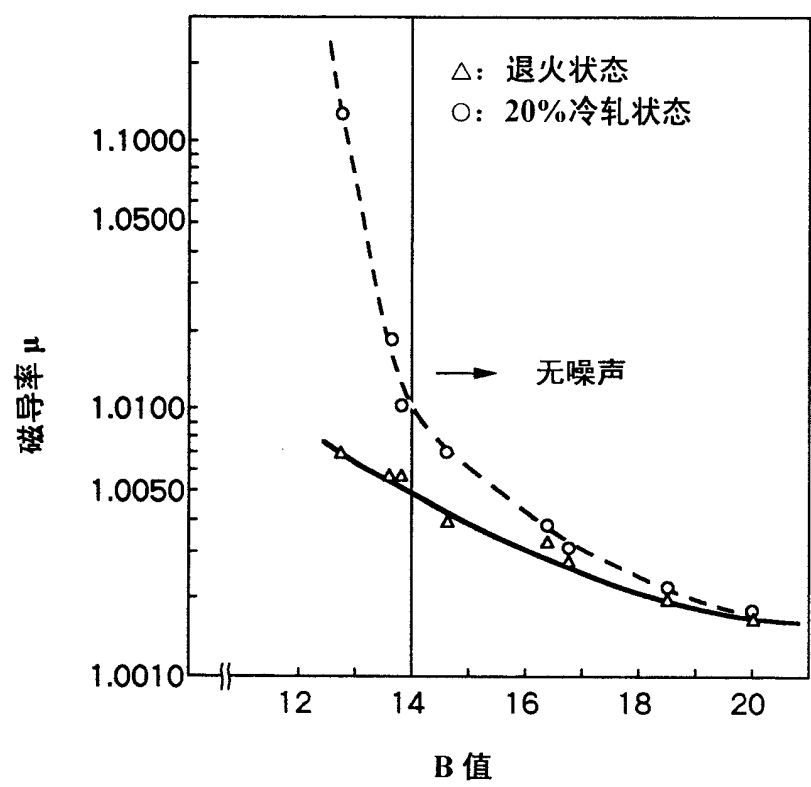


图 2