



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105074032 B

(45)授权公告日 2018.01.12

(21)申请号 201480016783.0

平谷多津彦 中西匡

(22)申请日 2014.03.12

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105074032 A

代理人 苗堃 金世煜

(43)申请公布日 2015.11.18

(51)Int.Cl.

(30)优先权数据
2013-060537 2013.03.22 JP

G22C 38/00(2006.01)

G22C 38/06(2006.01)

G22C 38/60(2006.01)

H01F 1/16(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.09.18

(56)对比文件

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2014/056430 2014.03.12

JP 特开2008-156737 A,2008.07.10,

JP 特开2008-156737 A,2008.07.10,

CN 102459675 A,2012.05.16,

CN 102459675 A,2012.05.16,

CN 101821418 A,2010.09.01,

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/148328 JA 2014.09.25

审查员 李娇

(73)专利权人 杰富意钢铁株式会社
地址 日本东京都

(72)发明人 小关新司 尾田善彦 户田广朗

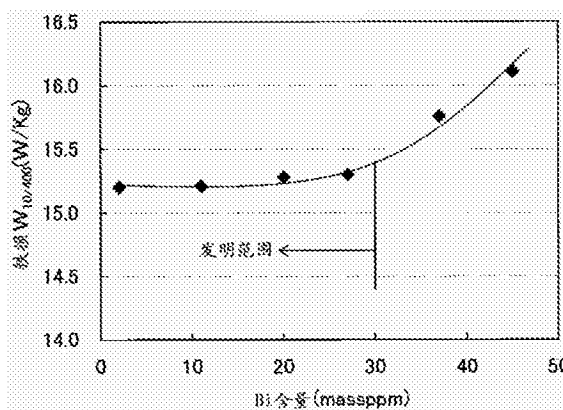
权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

高频铁损特性优异的无方向性电磁钢板

(57)摘要

一种无方向性电磁钢板,其由以下成分组成构成:以质量%计,含有C:0.005%以下、Si:1.5~4%、Mn:1.0~5%、P:0.1%以下、S:0.005%以下、Al:3%以下、N:0.005%以下、Bi:0.0030%以下,其余部分为Fe和不可避免的杂质,或者,由以下成分组成构成:含有C:0.005%以下、Si:1.5~4%、Mn:1.0~5%、P:0.1%以下、S:0.005%以下、Al:3%以下、N:0.005%以下、Bi:0.0030%以下,进一步含有选自Ca:0.0005~0.005%和Mg:0.0002~0.005%中的1种或2种,在大量含有Mn的情况下,也具有稳定且优异的高频铁损特性。



1. 一种无方向性电磁钢板,其由以下成分组成构成:

含有C:0.005质量%以下、Si:1.5~4质量%、Mn:超过1质量%且为5质量%以下、P:0.1质量%以下、S:0.005质量%以下、Al:3质量%以下、N:0.005质量%以下、Bi:0.0002质量%以上且小于0.0010质量%、Mg:0.0002~0.005质量%,其余部分为Fe和不可避免的杂质。

2. 根据权利要求1所述的无方向性电磁钢板,其特征在于,除所述成分组成以外,进一步含有Ca:0.0005~0.005质量%。

3. 根据权利要求1或2所述的无方向性电磁钢板,其特征在于,除所述成分组成以外,进一步含有选自Sb:0.0005~0.05质量%和Sn:0.0005~0.05质量%中的1种或2种。

4. 根据权利要求1或2所述的无方向性电磁钢板,其特征在于,除所述成分组成以外,进一步含有Mo:0.0005~0.0030质量%。

5. 根据权利要求3所述的无方向性电磁钢板,其特征在于,除所述成分组成以外,进一步含有Mo:0.0005~0.0030质量%。

6. 根据权利要求1或2所述的无方向性电磁钢板,其特征在于,Ti的含量为0.002质量%以下。

7. 根据权利要求3所述的无方向性电磁钢板,其特征在于,Ti的含量为0.002质量%以下。

8. 根据权利要求4所述的无方向性电磁钢板,其特征在于,Ti的含量为0.002质量%以下。

9. 根据权利要求5所述的无方向性电磁钢板,其特征在于,Ti的含量为0.002质量%以下。

高频铁损特性优异的无方向性电磁钢板

技术领域

[0001] 本发明涉及高频铁损特性优异的无方向性电磁钢板。

背景技术

[0002] 从小型化、高效率化的观点出发,混合动力汽车、电动汽车用的电机以400~2kHz的高频区域驱动。对于这样的高频电机的芯材所使用的无方向性电磁钢板,希望高频时的铁损低。

[0003] 为了减少在高频的铁损,有效的是减少板厚和增大固有电阻。但是,减少板厚的方法有如下问题:由于材料的刚性降低,不仅操作变难,而且冲孔工时、堆积工时增加,因此生产率降低。与此相对,提高固有电阻的方法没有上述的不利方面,所以可以说是优选的减少高频铁损的方法。

[0004] 为了提高固有电阻,有效的是添加Si。但是,由于Si是固溶强化能力大的元素,所以随着Si添加量的增加,有材料发生固化、轧制性降低的问题。作为解决该问题的方法之一,有添加Mn来代替Si的方法。由于Mn与Si相比固溶强化能力小,所以能够抑制制造性降低的同时减少高频铁损。

[0005] 作为活用上述Mn的添加效果的技术,例如,在专利文献1中公开了一种无方向性电磁钢板,其含有Si:0.5~2.5质量%、Mn:1.0~3.5质量%、Al:1.0~3.0质量%。另外,专利文献2中公开了一种无方向性电磁钢板,其含有Si:3.0质量%以下、Mn:1.0~4.0质量%、Al:1.0~3.0质量%。

[0006] 专利文献1:日本特开2002-47542号公报

[0007] 专利文献2:日本特开2002-30397号公报

发明内容

[0008] 但是,上述专利文献1和2中公开的技术均存在如下问题,即,有时随着Mn添加量的增加,磁滞损耗增加,得不到所期望的铁损减少效果。

[0009] 本发明是鉴于现有技术中存在的上述问题而完成的,其目的在于提供一种无方向性电磁钢板,其在大量含有Mn的情况下,也具有稳定且优异的高频铁损特性。

[0010] 本发明的发明人等为了解决上述课题,着眼于钢板所含的杂质成分反复进行深入研究。其结果发现,高锰钢的高频铁损特性的劣化是作为杂质而含有的Bi的存在所致的,因此,通过抑制Bi的含量,即使Mn含量高,也能够稳定地减少高频铁损,由此开发了本发明。

[0011] 基于上述发现,本发明是一种无方向性电磁钢板,其由以下成分组成构成:含有C:0.005质量%以下、Si:1.5~4质量%、Mn:1.0~5质量%、P:0.1质量%以下、S:0.005质量%以下、Al:3质量%以下、N:0.005质量%以下、Bi:0.0030质量%以下,其余部分为Fe和不可避免的杂质。

[0012] 本发明的无方向性电磁钢板的特征在于,除上述成分组成之外,进一步含有选自Ca:0.0005~0.005质量%和Mg:0.0002~0.005质量%中的1种或2种。

[0013] 另外,本发明的无方向性电磁钢板的特征在于,除上述成分组成之外,进一步含有选自Sb:0.0005~0.05质量%和Sn:0.0005~0.05质量%中的1种或2种。

[0014] 另外,本发明的无方向性电磁钢板的特征在于,除上述成分组成之外,进一步含有Mo:0.0005~0.0030质量%。

[0015] 另外,本发明的无方向性电磁钢板的特征在于,Ti的含量为0.002质量%以下。

[0016] 根据本发明,通过抑制作为杂质而含有的Bi的含量,即使Mn添加量高,也能够生产率良好地制造稳定且高频铁损特性优异的无方向性电磁钢板。

附图说明

[0017] 图1是表示含有Bi对Mn含量与高频铁损 $W_{10/400}$ 的关系产生的影响的图。

[0018] 图2是表示Bi含量与高频铁损 $W_{10/400}$ 的关系的图。

具体实施方式

[0019] 首先,对成为开发本发明的契机的实验进行说明。

[0020] 以含有C:0.0016质量%、Si:3.35质量%、P:0.013质量%、S:0.0004质量%、Al:1.4质量%以及N:0.0018质量%的钢为基础,向其中添加Mn,将使Mn在0.1~5.2质量%的范围进行各种变化添加而成的钢在实验室中溶解,制成钢锭并进行热轧,在100vol% N_2 环境下施行 $1000^\circ C \times 30sec$ 的热轧板退火后,进行冷轧而制成板厚0.30mm的冷轧板,在20vol% H_2 -80vol% N_2 环境中施行 $1000^\circ C \times 30sec$ 的最终退火。

[0021] 图1的●标记是以Mn添加量与铁损 $W_{10/400}$ 的关系的形式表示上述实验结果的标记。由其结果可知,Mn小于1质量%时,铁损随着Mn添加量的增大而降低,但为1质量%以上时,铁损降低变缓慢,若超过4质量%,则铁损反而增加。为了调查其原因,用TEM观察含有2质量%Mn的钢板,其结果,在晶界观察到粒状的Bi。

[0022] 因此,为了进一步研究Bi对磁特性产生的影响,以含有C:0.0014质量%、Si:3.33质量%、Al:1.2质量%、P:0.014质量%、S:0.0006质量%、N:0.0020质量%且Bi的含量为0.0010质量%以下的高纯度钢为基础,向其中添加Mn,将使Mn在0.1~5.2质量%的范围发生各种变化添加而成的钢在实验室中溶解,与上述实验同样地制成冷轧退火板,测定铁损 $W_{10/400}$ 。

[0023] 将如此得到的实验结果在图1中用▲标记表示。由其结果可知,在使用减少Bi的高纯度钢的冷轧退火板中,Mn添加量越高,相对于用●标记表示的钢板,其铁损越低。另外,用TEM观察含有2质量%的Mn的钢板,其结果,在晶界没有观察到粒状的Bi。由该结果推定,铁损随着上述●标记的钢板中的Mn添加量的增加而增大是由于由Bi的微细析出所致的磁滞损耗的增加。

[0024] 另一方面,认为可能是因为,就Mn小于1质量%的钢板而言,虽然能够看到因Bi减少所致的铁损的改善效果,但其比例小的理由仍不十分清楚,但对于提高了Mn的钢而言,由于Mn的溶质拖曳(solute drag),晶粒生长的驱动力降低,所以由于微量的Bi的存在,晶粒生长容易受到很大的影响。

[0025] Bi通常是从废料混入的杂质,随着近年来废料的使用比率增加,不仅混入的量增大,偏差也逐渐变大。认为这样的Bi含量的增加对于Mn含量低的电磁钢板而言不是大的问

题,但对于Mn含量高的钢而言,由于Mn的溶质拖曳使晶粒生长性降低,所以微量Bi也产生很大影响。

[0026] 接下来,为了研究Bi含量对铁损的影响,以含有C:0.0022质量%、Si:3.20质量%、Mn:1.7质量%、Al:1.3质量%、P:0.014质量%、S:0.0005质量%、N:0.0020质量%的钢为基础,向其中添加Bi,将使Bi的含量在tr.~0.0045质量%的范围内进行各种变化添加而成的钢在实验室中溶解,与上述实验同样地制成板厚0.30mm的冷轧退火板,测定铁损 $W_{10/400}$ 。

[0027] 图2中以Bi含量与铁损 $W_{10/400}$ 的关系的形式表示上述实验结果。由该图可知,Bi含量为0.0030质量%以下(30massppm以下)时铁损显著降低。认为这是因为,通过减少Bi,晶粒生长性提高。由该结果可知,为了抑制Bi对晶粒生长产生的不良影响,需要将Bi的含量减少到0.0030质量%以下。本发明基于上述新的发现而完成。

[0028] 接下来,对本发明的无方向性电磁钢板的成分组成进行说明。

[0029] C:0.005质量%以下

[0030] C是与Mn形成碳化物的元素,若大于0.005质量%,则上述Mn系碳化物的量增加而阻碍晶粒生长,因此将上限设为0.005质量%。优选为0.002质量%以下。

[0031] Si:1.5~4质量%

[0032] Si是对提高钢的固有电阻、减少铁损有效的元素,所以添加1.5质量%以上。另一方面,若添加大于4质量%,则磁通密度降低,因此上限设为4质量%。优选Si的下限为2.0质量%、上限为3.0质量%。

[0033] Mn:1.0~5质量%

[0034] Mn是不对加工性造成大的伤害而对提高钢的固有电阻、减少铁损有效的本发明中重要的成分,添加1.0质量%以上。为了进一步得到铁损减少效果,优选添加1.6质量%以上。另一方面,若添加大于5质量%,则会使磁通密度降低,所以上限设为5质量%。优选Mn的下限为2质量%,上限为3质量%。

[0035] P:0.1质量%以下

[0036] P是固溶强化能力大的元素,若含有大于0.1质量%,则钢板过于硬化而制造性降低,所以限制为0.1质量%以下。优选为0.05质量%以下。

[0037] S:0.005质量%以下

[0038] S是不可避免的杂质,若含有大于0.005质量%,则由于析出MnS而阻碍晶粒生长,增大铁损,所以上限设为0.005质量%。优选为0.001质量%以下。

[0039] Al:3质量%以下

[0040] Al与Si相同,是对提高钢的固有电阻、减少铁损有效的元素,但若添加大于3质量%,则磁通密度降低,所以上限设为3质量%。优选为2质量%以下。但是,若Al的含量小于0.1质量%,则微细的AlN析出而阻碍晶粒生长,铁损增加,所以优选将下限设为0.1质量%。

[0041] N:0.005质量%以下

[0042] N是从大气中侵入钢中的不可避免的杂质,含量多的情况下,由于AlN的析出而阻碍晶粒生长,铁损增加,所以将上限限制为0.005质量%。优选为0.003质量%以下。

[0043] Bi:0.0030质量%以下

[0044] Bi是本发明中对高频铁损特性产生不良影响的重要的应管理的元素,由上述图2可知,若Bi的含量大于0.0030质量%,则铁损急剧增大。由此,将Bi限制为0.0030质量%以

下。优选为0.0010质量%以下。

[0045] 本发明的无方向性电磁钢板除了上述成分组成以外,优选进一步含有Ca和Mg中的任1种或2种。

[0046] Ca:0.0005~0.005质量%

[0047] Ca是形成硫化物、与Bi复合析出而粗大化从而对抑制Bi的弊病、减少铁损有效的元素。为了得到这种效果,优选添加0.0005质量%以上。但是,若添加大于0.005质量%,则CaS的析出量变得过多,铁损反而增加,所以优选将上限设为0.005质量%。更优选Ca的下限为0.001质量%、上限为0.004质量%。

[0048] Mg:0.0002~0.005质量%

[0049] Mg是形成氧化物、与Bi复合析出而粗大化从而对抑制Bi的弊病、减少铁损有效的元素。为了得到这种效果,优选添加0.0002质量%以上。但是,由于添加大于0.005质量%是困难的,且只是徒劳的导致成本上升,所以优选将上限设为0.005%。更优选Mg的下限为0.001质量%、上限为0.004质量%。

[0050] 另外,本发明的无方向性电磁钢板除了上述成分组成以外,优选进一步含有以下成分。

[0051] Sb:0.0005~0.05质量%,Sn:0.0005~0.05质量%

[0052] 由于Sb和Sn有改善集合组织、提高磁通密度的效果,因此能够单独或复合地分别添加0.0005质量%以上。更优选为0.01质量%以上。但是,添加大于0.05质量%会导致钢板的脆化,所以优选将上限设为0.05质量%。更优选Sb和Sn的下限分别为0.01质量%,上限分别为0.04质量%。

[0053] Mo:0.0005~0.0030质量%

[0054] Mo有使形成的碳化物粗大化、减少铁损的效果,所以优选添加0.0005质量%以上。但是,添加0.0030质量%以上时,碳化物的量过多,铁损反而增加,所以优选将上限设为0.0030质量%。更优选Mo的下限为0.0010质量%、上限为0.0020质量%。

[0055] Ti:0.002质量%以下

[0056] Ti是形成碳氮化物的元素,若含量多,则碳氮化物的析出量变得过多而阻碍晶粒生长,使铁损增大。由此,在本发明中,优选将Ti限制为0.002质量%以下。更优选为0.001质量%以下。

[0057] 应予说明,本发明的无方向性电磁钢板的除上述成分以外的其余部分是Fe和不可避免的杂质。但是,只要在不损害本发明的作用效果的范围内,不拒绝含有其它元素。

[0058] 接下来,对本发明的无方向性电磁钢板的制造方法进行说明。

[0059] 本发明的无方向性电磁钢板的制造方法只要使钢板的成分组成在上述本发明的范围内而进行制造,则对其以外的条件没有特别限制,可以用与通常的无方向性电磁钢板同样的条件进行制造。例如可通过如下方法制造,即,用转炉或脱气处理装置等熔炼适于本发明的成分组成的钢,通过连续铸造、铸锭-开坯轧制等制成钢原材料(钢坯)后,进行热轧,根据需要进行热轧板退火,通过1次冷轧、或隔着中间退火的2次以上的冷轧制成规定的板厚,且进行最终退火。

[0060] 实施例

[0061] 对用转炉进行吹炼而得的钢水进行脱气处理,而对具有表1所示的成分组成的钢

进行熔炼后,进行连续铸造而制成钢坯,进行 $1100^{\circ}\text{C} \times 1\text{hr}$ 的钢坯加热后,进行以热轧最终温度为 800°C 的热轧,在 610°C 的温度下卷绕成卷,制成板厚 1.8mm 的热轧板。接着,在 $100\text{vol}\% \text{N}_2$ 环境中对该热轧板施行 $1000^{\circ}\text{C} \times 30\text{sec}$ 的热轧板退火后,进行冷轧而制成板厚 0.35mm 的冷轧板,在 $20\text{vol}\% \text{H}_2$ - $80\text{vol}\% \text{N}_2$ 环境下,施行 $980^{\circ}\text{C} \times 15\text{sec}$ 的最终退火,制成冷轧退火板。

[0062] 从如此得到的冷轧退火板沿轧制方向和垂直于轧制的方向切下宽度 $30\text{mm} \times$ 长度 280mm 的爱泼斯坦 (Epstein) 试验片,按照JIS C2550测定铁损 $W_{10/400}$ 和磁通密度 B_{50} ,将其结果并记于表1中。

[0063]

[表 1-1]

No.	化学成分 (质量%)													板厚 (mm)	磁性		备注	
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Bi	Ca	Mg	Sb	Sn	Mo		Ti	铁损 _{W₆₀₀} (W/kg)		磁通 密度B _m (T)
1	0.0015	3.20	1.59	0.011	0.0003	1.20	0.0020	0.0002	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0002	0.35	15.20	1.67	发明钢
2	0.0012	3.12	1.59	0.011	0.0004	1.20	0.0015	0.0011	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0008	0.0001	0.35	15.21	1.67	发明钢
3	0.0013	3.13	1.57	0.011	0.0003	1.16	0.0016	0.0020	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0014	0.0002	0.35	15.28	1.67	发明钢
4	0.0015	3.14	1.56	0.011	0.0002	1.16	0.0016	0.0027	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0015	0.0001	0.35	15.30	1.67	发明钢
5	0.0017	3.21	1.60	0.012	0.0003	1.15	0.0014	0.0037	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0010	0.0002	0.35	15.76	1.68	比较钢
6	0.0017	3.16	1.59	0.013	0.0004	1.18	0.0015	0.0045	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0011	0.0002	0.35	16.11	1.68	比较钢
7	0.0016	3.16	0.15	0.012	0.0003	1.17	0.0014	0.0042	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0011	0.0003	0.35	16.00	1.69	比较钢
8	0.0030	3.14	0.91	0.011	0.0003	1.16	0.0015	0.0041	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0014	0.0002	0.35	15.70	1.68	比较钢
9	0.0019	3.16	1.55	0.012	0.0004	1.16	0.0013	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0012	0.0001	0.35	15.30	1.68	发明钢
10	0.0022	3.22	2.51	0.013	0.0003	1.15	0.0014	0.0002	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0010	0.0002	0.35	15.10	1.66	发明钢
11	0.0016	3.16	3.49	0.012	0.0003	1.18	0.0017	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0014	0.0002	0.35	15.04	1.65	发明钢
12	0.0014	3.16	4.49	0.014	0.0004	1.18	0.0016	0.0004	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0002	0.35	15.00	1.65	发明钢
13	0.0014	3.16	5.20	0.010	0.0004	1.17	0.0023	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0002	0.35	15.02	1.61	比较钢
14	0.0014	3.14	0.50	0.013	0.0005	1.20	0.0019	0.0025	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0029	0.0003	0.35	16.45	1.66	比较钢
15	0.0013	3.15	1.53	0.012	0.0003	1.17	0.0017	0.0005	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0008	0.0001	0.35	15.30	1.67	发明钢
16	0.0017	3.17	1.52	0.013	0.0003	1.18	0.0019	0.0003	tr.	tr.	0.0053	tr.	0.0014	0.0001	0.35	15.23	1.68	发明钢
17	0.0011	3.16	1.57	0.011	0.0004	1.20	0.0018	0.0003	tr.	tr.	0.0174	tr.	0.0012	0.0002	0.35	15.17	1.69	发明钢
18	0.0014	3.14	1.56	0.012	0.0003	1.20	0.0016	0.0005	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0010	0.0002	0.35	15.14	1.68	发明钢
19	0.0016	3.20	1.56	0.012	0.0004	1.16	0.0021	0.0004	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0008	0.0003	0.35	15.12	1.69	发明钢
20	0.0018	3.14	1.56	0.014	0.0004	1.21	0.0019	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0007	0.0001	0.35	15.09	1.69	发明钢
21	0.0021	3.12	1.57	0.013	0.0003	1.20	0.0017	0.0005	0.0023	tr.	tr.	tr.	0.0014	0.0001	0.35	14.98	1.67	发明钢
22	0.0020	3.17	1.55	0.012	0.0004	1.21	0.0016	0.0015	0.0035	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0003	0.35	15.07	1.67	发明钢

[0064]

[表1-2]

No.	化学成分 (质量%)													板厚 (mm)	磁性		备注
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Bi	Ca	Mg	Sb	Sn	Mo		Ti	铁损W ₁₀₀₀ (W/kg)	
23	0.0021	3.13	1.56	0.012	0.0005	1.30	0.0017	0.0025	0.0047	tr.	tr.	tr.	0.0038	0.0002	15.20	1.67	发明钢
24	0.0016	3.14	1.54	0.013	0.0003	1.22	0.0018	0.0026	0.0060	tr.	tr.	tr.	0.0038	0.0002	15.70	1.67	比较钢
25	0.0017	3.13	1.54	0.011	0.0003	1.21	0.0016	0.0035	0.0032	tr.	tr.	tr.	0.0015	0.0003	15.59	1.67	比较钢
26	0.0015	3.18	1.53	0.012	0.0004	1.23	0.0015	0.0005	tr.	0.0014	tr.	tr.	0.0016	0.0002	14.98	1.67	发明钢
27	0.0016	3.19	1.54	0.011	0.0004	1.24	0.0021	0.0015	tr.	0.0015	tr.	tr.	0.0017	0.0002	15.08	1.67	发明钢
28	0.0014	3.22	1.57	0.012	0.0003	1.22	0.0020	0.0015	tr.	0.0041	tr.	tr.	0.0015	0.0001	15.07	1.67	发明钢
29	0.0013	3.28	1.52	0.030	0.0004	2.60	0.0025	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0002	18.42	1.67	比较钢
30	0.0016	3.14	1.53	0.012	0.0003	1.22	0.0017	0.0002	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0001	0.0003	15.40	1.67	发明钢
31	0.0017	3.16	1.54	0.012	0.0003	1.23	0.0016	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0022	0.0002	15.36	1.68	发明钢
32	0.0016	3.18	1.56	0.012	0.0004	1.20	0.0017	0.0002	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0028	0.0001	15.42	1.68	发明钢
33	0.0014	2.22	1.26	0.012	0.0003	2.18	0.0021	0.0005	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0011	0.0003	15.23	1.67	发明钢
34	0.0016	3.56	1.20	0.004	0.0004	1.14	0.0021	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0012	0.0002	14.70	1.67	发明钢
35	0.0017	4.92	1.13	0.004	0.0003	0.32	0.0016	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0014	0.0002	14.63	1.60	比较钢
36	0.0015	2.79	1.58	0.013	0.0003	1.33	0.0017	0.0005	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0002	14.96	1.67	发明钢
37	0.0014	2.49	1.57	0.011	0.0004	2.44	0.0021	0.0005	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0014	0.0001	14.78	1.66	发明钢
38	0.0018	1.52	1.58	0.012	0.0004	3.47	0.0022	0.0002	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0002	15.03	1.63	比较钢
39	0.0013	2.79	1.56	0.013	0.0017	1.32	0.0014	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0001	15.22	1.65	发明钢
40	0.0015	2.79	1.57	0.011	0.0055	1.32	0.0016	0.0002	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0003	17.53	1.65	比较钢
41	0.0016	2.78	1.58	0.014	0.0004	1.33	0.0015	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0037	16.28	1.65	比较钢
42	0.0017	2.79	1.56	0.013	0.0003	1.32	0.0020	0.0005	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0014	0.0003	16.41	1.65	比较钢
43	0.0019	2.79	1.57	0.012	0.0005	1.32	0.0010	0.0002	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0011	0.0003	16.45	1.65	比较钢

[0065] 由表1可知,对于满足本发明的成分组成的钢板、特别是减少了Bi的钢板而言,即便是高的Mn含量,其高频铁损特性也优异。

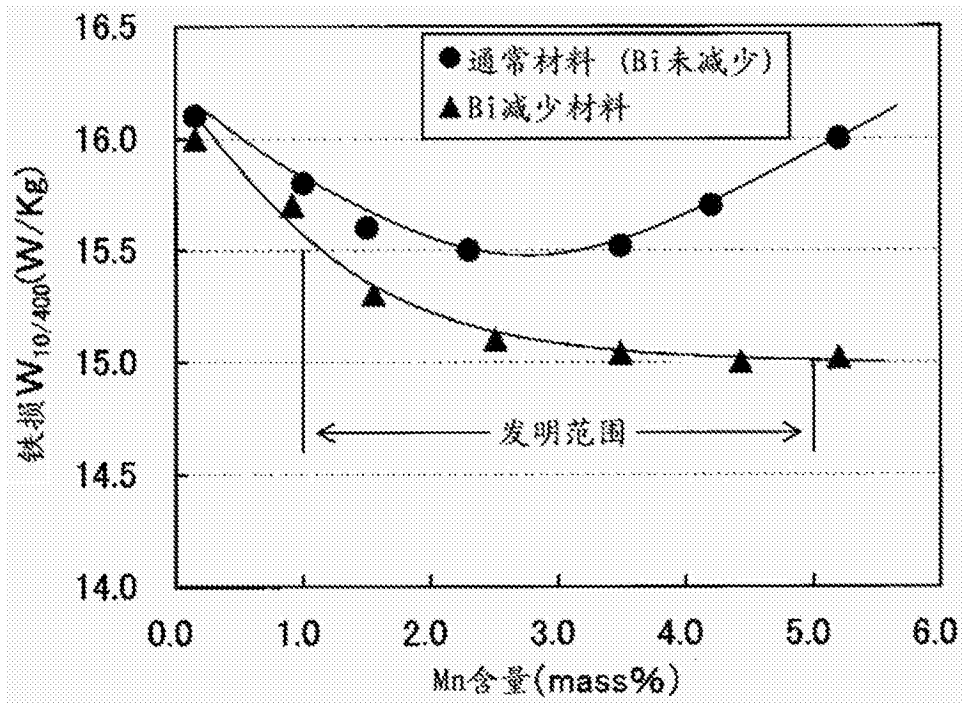


图1

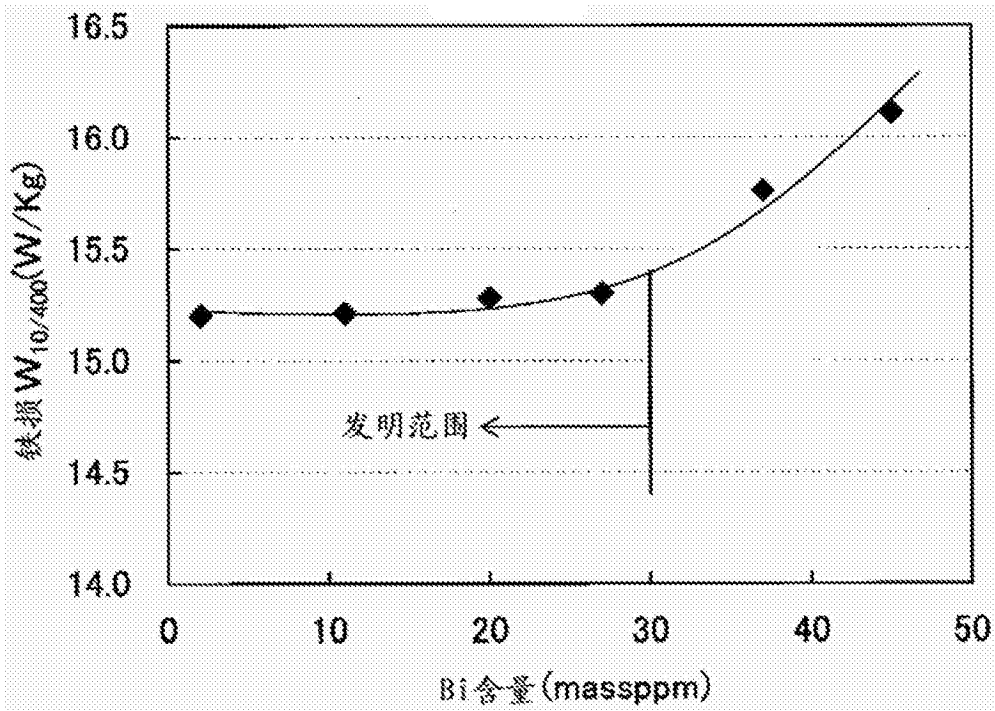


图2