



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104480351 B

(45)授权公告日 2017.07.07

(21)申请号 201510005691.9

G22C 30/00(2006.01)

(22)申请日 2015.01.06

G22C 1/02(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

G22F 1/16(2006.01)

申请公布号 CN 104480351 A

审查员 刘彪

(43)申请公布日 2015.04.01

(73)专利权人 上海康晟航材科技股份有限公司

地址 201815 上海市嘉定区竹窑路853号

专利权人 中国人民解放军海军工程大学

信阳圆创磁电科技有限公司

(72)发明人 汪晶 陈俊全 王东

(74)专利代理机构 上海智信专利代理有限公司

31002

代理人 王洁 郑暄

(51)Int.Cl.

G22C 19/07(2006.01)

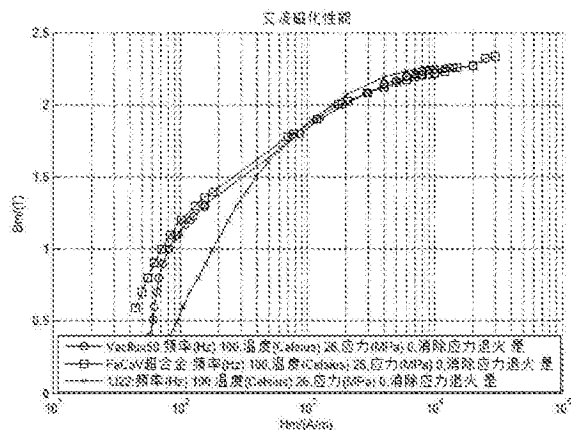
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

铁钴钒超合金及其制备方法

(57)摘要

本发明涉及一种铁钴钒超合金,其特征在于,包括下列质量百分比的成分:纯Co 49.0~51.0%;纯V 1.63~2.2%;纯Ni 0.2~0.6%;纯铁Fe 47.0~49.0%。采用本发明的铁钴钒超合金及其制备方法,在不同磁场下饱和磁感应强度(B值)可达到材料的峰值(2.5T),矫顽力低,涡流损耗低,同时材料的韧性好,便于后期的加工产品成材率和良品率提高40%,热处理工艺的开发便于操作人员操作,能使产品的饱和磁感强度(B值)在峰值时趋于稳定,其它各项性能也非常稳定。



1. 一种铁钴钒超合金,其特征在于,包括下列质量百分比的成分:

Co 49.0 ~ 51.0%;

V 1.63 ~ 2.2%;

Ni 0.2 ~ 0.6%;

Fe 47.0 ~ 49.0%;

还包括下列质量百分比的成分,

C 0 ~ 0.03%;

Mn 0 ~ 0.15%;

Si 0 ~ 0.15%;

P 0 ~ 0.015%;

S 0 ~ 0.01%;

Cu 0 ~ 0.15%;

所述的铁钴钒超合金的制备方法包括下列步骤:

步骤(1):将纯Fe、纯V、纯Co、纯Ni按所述的质量百分比加入真空感应炉中熔炼,熔炼完后得到熔炼物,将所述的熔炼物置入金属模具中浇铸获得铸锭,其中所述的纯Fe、纯V、纯Co、纯Ni的纯度>99.99%;

步骤(2):将所述的铸锭进行车加工到不大于 $\Phi 170 \times L$ 后,得到加工后的铸锭,将所述的加工后的铸锭进行铸锭开坯锻造工艺后,第一次淬火,得到锻造后的坯料,淬火介质为冰水加NaCl;

步骤(3):将所述的锻造后的坯料进行热轧带坯加热工艺后,第二次淬火,得到热轧后的坯料,淬火介质为冰水加NaCl;

步骤(4):将所述的热轧后的坯料进行冷轧带工艺,得到所述的冷轧后的坯料;

步骤(5):将所述的冷轧后的坯料进行热处理工艺得到所述的铁钴钒超合金,所述的热处理工艺为将所述的冷轧后的坯料进行清洗、脱脂、脱气和净化表面后置于一个真空热处理炉中,以每小时60~100℃的速率升温至845~855℃,并保温360分钟得到保温后的坯料,所述真空热处理炉的真空度系数为 $8 \times 10^{-3}$ Pa,将所述的保温后的坯料以105~110℃/h的速率炉冷至180~220℃,之后充氮气快速冷却至室温,硬度值在HB200~HB300之间,得到所述的铁钴钒超合金。

2. 一种权利要求1所述的铁钴钒超合金的制备方法,其特征在于,包括下列步骤:

步骤(1):将纯Fe、纯V、纯Co、纯Ni按所述的质量百分比加入真空感应炉中熔炼,熔炼完后得到熔炼物,将所述的熔炼物置入金属模具中浇铸获得铸锭,其中所述的纯Fe、纯V、纯Co、纯Ni的纯度>99.99%;

步骤(2):将所述的铸锭进行车加工到不大于 $\Phi 170 \times L$ 后,得到加工后的铸锭,将所述的加工后的铸锭进行铸锭开坯锻造工艺后,第一次淬火,得到锻造后的坯料,淬火介质为冰水加NaCl;

步骤(3):将所述的锻造后的坯料进行热轧带坯加热工艺后,第二次淬火,得到热轧后

的坯料,淬火介质为冰水加NaCl;

步骤(4):将所述的热轧后的坯料进行冷轧带工艺,得到所述的冷轧后的坯料;

步骤(5):将所述的冷轧后的坯料进行热处理工艺得到所述的铁钴钒超合金,所述的热处理工艺为将所述的冷轧后的坯料进行清洗、脱脂、脱气和净化表面后置于一个真空热处理炉中,以每小时60~100℃的速率升温至845~855℃,并保温360分钟得到保温后的坯料,所述真空热处理炉的真空度系数为 $8 \times 10^{-3}$ Pa,将所述的保温后的坯料以105~110℃/h的速率炉冷至180~220℃,之后充氮气快速冷却至室温,硬度值在HB200~HB300之间,得到所述的铁钴钒超合金。

3. 根据权利要求2所述的铁钴钒超合金的制备方法,其特征在于,所述的铸锭开坯锻造工艺为将所述的加工后的铸锭以每小时100~150℃升温至700~730℃保温90分钟,再以每小时150~200℃升温至900~930℃保温60分钟,后以每小时150~200℃升温至1160~1180℃保温120分钟开始铸锭开坯锻造,终锻温度至少为850℃,锻造规格为 $30 \times 160 \times L$ 。

4. 根据权利要求2所述的铁钴钒超合金的制备方法,其特征在于,所述的热轧带坯加热工艺为将所述的锻造后的坯料以每小时200~300℃升温至1160~1180℃保温120分钟开始热轧带坯加热,终轧温度大于900℃,轧制规格为 $2.3 \times 160 \times L$ 。

5. 根据权利要求2所述的铁钴钒超合金的制备方法,其特征在于,所述的冷轧带工艺为将所述的热轧后的坯料先采用45%以上的压下率轧制得到初冷轧坯料,轧制规格为1.0~1.1mm,然后对冷轧带清理后再将所述的初冷轧坯料直接冷轧至 $0.4 \times 160 \times L$ 尺寸得到所述的冷轧后的坯料。

6. 根据权利要求2所述的铁钴钒超合金的制备方法,其特征在于,所述的第一次淬火温度为860~870℃,淬火硬度值HB190。

7. 根据权利要求2所述的铁钴钒超合金的制备方法,其特征在于,所述的第二次淬火温度为890~900℃,淬火硬度值HB180。

8. 根据权利要求2所述的铁钴钒超合金的制备方法,其特征在于,所述的铁钴钒超合金还经过热处理氧化工序。

9. 根据权利要求8所述的铁钴钒超合金的制备方法,其特征在于,所述的热处理氧化包括将所述的铁钴钒超合金在 $Mg(OH)_2$ 中加热至350℃~400℃,在所述的铁钴钒超合金的表面产生氧化镁保护膜。

10. 根据权利要求2所述的铁钴钒超合金的制备方法,其特征在于,所述的铸锭的尺寸是 $\Phi 180 \times L$ 。

## 铁钴钒超合金及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及材料领域,特别涉及金属材料,具体是指一种铁钴钒超合金及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 铁钴钒超合金其具有良好的磁性能,由于饱和磁感应强度好,在制作同等功率的电机时,可大大缩小体积,在作电磁铁时,在同样截面积下能产生大的吸合力,其特殊用途主要用作电工设备中的变压器,电动机,电话机膜片,高速打印机嵌铁,接收机线圈,开关,存储器铁芯,电磁铁极头,继电器,换能器,还适宜做体积小的航空,航天用电器元件等。且由于其居里点高(居里温度高达980℃),可使该合金能在其他软磁材料已经完全退磁的较高温度下工作,并保持良好的磁稳定性。由于有大的磁致伸缩系数,极适于作磁致伸缩换能器,输出能量高,工作效率也高,还可以可作为高温磁性元件和宇航核动力系统中的铁芯,电器设备核控制元件等,但该合金电阻率低( $0.27\mu\Omega \cdot m$ ),不宜在高频下使用。

[0003] 随着工业和技术的发展,该合金被用于性能要求更高的领域。如用来制作应用于500℃高温的航空航天发电机系统。而现有技术中,其具有不稳定型,往往在不同磁场下的饱和磁感应强度(B值)较低,矫顽力高,涡流损耗较高,而且性能极不稳定,合金材料脆性大,在后期加工过程中废品率高达30%,卷带的长度太短,不适用于连续冲压模具批量生产,不能批量生产造成材料的成材率降低了10%,热处理没有固化的工艺和措施,产品的各项性能稳定性不好。

[0004] 所以,为了适应工业和技术发展对材料的需求,一种不同磁场下饱和磁感应强度(B值)高,矫顽力低,涡流损耗低,同时材料的韧性好,便于后期的加工产品成材率和良品率提高的,热处理工艺的开发便于操作人员操作,能使产品的饱和磁感强度(B值)在峰值时趋于稳定,其它各项性能也非常稳定的铁钴钒超合金是十分具有实用价值的。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是为了克服上述现有技术中的缺点,提供一种不同磁场下饱和磁感应强度(B值)高,矫顽力低,涡流损耗低,同时材料的韧性好,便于后期的加工产品成材率和良品率提高的,热处理工艺的开发便于操作人员操作,能使产品的饱和磁感强度(B值)在峰值时趋于稳定,其它各项性能也非常稳定的铁钴钒超合金及其制备方法。

[0006] 为了实现上述目的,本发明第一方面提供了一种铁钴钒超合金,其特点在于,包括下列质量百分比的成分:

纯 Co	49.0 ~ 51.0%;
纯 V	1.63 ~ 2.2%;
[0007] 纯 Ni	0.2 ~ 0.6%;
纯 Fe	47.0 ~ 49.0%。

[0008] 较佳地,还包括下列质量百分比的成分,

C 0~0.03%;

Mn 0~0.15%;

Si 0~0.15%;

[0009]

P 0~0.015%;

S 0~0.01%;

Cu 0~0.15%。

[0010] 本发明另一方面提供了一种上述的铁钴钒超合金的制备方法,其特征在于,包括下列步骤:

[0011] 步骤(1):将所述的纯Fe、纯V、纯Co、纯Ni按所述的质量百分比加入真空感应炉中熔炼,熔炼完后得到熔炼物,在1480~1520℃保温20~50分钟,以保证所有合金元素溶解并充分扩散,将所述的熔炼物置入金属模具中浇铸获得 $\Phi 180 \times L$ 的铸锭;

[0012] 步骤(2):将所述的铸锭进行车加工到不大于 $\Phi 170 \times L$ 后,得到加工后的铸锭,将所述的加工后的铸锭进行铸锭开坯锻造工艺后,第一次淬火,得到锻造后的坯料;加热炉为天然气加热炉或电炉;

[0013] 步骤(3):将所述的锻造后的坯料进行热轧带坯加热工艺后,第二次淬火,得到热轧后的坯料;

[0014] 步骤(4):将所述的热轧后的坯料进行冷轧带工艺,得到所述的冷轧后的坯料;

[0015] 步骤(5):将所述的冷轧后的坯料进行热处理工艺,得到所述的铁钴钒超合金。

[0016] 较佳地,所述的铸锭开坯锻造工艺为将所述的加工后的铸锭以每小时100~150℃升温至700~730℃保温90分钟,再以每小时150~200℃升温至900~930℃保温60分钟,后以每小时150~200℃升温至1160~1180℃保温120分钟开始铸锭开坯锻造,终锻温度至少为850℃,锻造规格为30×160×L。

[0017] 较佳地,所述的热轧带坯加热工艺为将所述的锻造后的坯料以每小时200~300℃升温至1160~1180℃保温120分钟开始热轧带坯加热,终轧温度大于900℃,轧制规格为2.3×160×L。

[0018] 较佳地,所述的冷轧带工艺为将所述的热轧后的坯料先采用45%以上的压下率轧制得到初冷轧坯料,轧制规格为1.0~1.1mm,然后对冷轧带清理后再将所述的初冷轧坯料直接冷轧至0.4×160×L尺寸得到所述的冷轧后的坯料。

[0019] 较佳地,所述的第一次淬火温度为860~870℃,淬火硬度值HB190,淬火介质为冰水加NaCl。采用冰水主要是为降低水的温度,提高淬火的冷却速度,加入NaCl主要是增加淬透性。

[0020] 较佳地,所述的第二次淬火温度为890~900℃,淬火硬度值HB180,淬火介质为冰水加NaCl。采用冰水和NaCl理由同上,。

[0021] 较佳地,所述的热处理工艺为将所述的冷轧后的坯料进行清洗、脱脂、脱气和净化表面后置于一个真空热处理炉中,以每小时60~100℃的速率升温至845~855℃,由于在真空中加热原有的氧化物转变成分解压较高的亚氧化物,不经分解而直接升华为气相氧化

物,还有些氧化物可以以氧化物和转变亚氧化物两种形式同时蒸发,从而得到坯料表面为光亮色,保持材料原色。然后保温360分钟得到保温后的坯料,所述真空热处理炉的真空度系数为 $8 \times 10^{-3}$ Pa,将所述的保温后的坯料以 $105 \sim 110^\circ\text{C}/\text{h}$ 的速率炉冷至 $180 \sim 220^\circ\text{C}$ ,之后充氮气快速冷却至室温,硬度值在HB200~HB300之间,得到所述的铁钴钒超合金。

[0022] 较佳地,其特征不在于,所述的铁钴钒超合金还经过热处理氧化工序。

[0023] 更佳地,其特征不在于,所述的热处理氧化包括将所述的铁钴钒超合金在 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 中加热至 $350^\circ\text{C} \sim 400^\circ\text{C}$ ,在所述的铁钴钒超合金的表面产生氧化镁保护膜。让后期的高温退火的工件之间不会粘接。

[0024] 较佳地,所述的铸锭的尺寸是 $\Phi 180 \times L$ 。

[0025] 采用本发明的铁钴钒超合金及其制备方法,在不同磁场下饱和磁感应强度(B值)可达到材料的峰值(2.5T),矫顽力低,涡流损耗低,同时材料的韧性好,便于后期的加工产品成材率和良品率提高40%,热处理工艺的开发便于操作人员操作,能使产品的饱和磁感强度(B值)在峰值时趋于稳定,其它各项性能也非常稳定。其通过对该合金化学成份的微量元素进行严格的控制,采用“超纯净”+“真空熔炼”电解(Fe,Co,V,Ni纯度 $>99.99\%$ )的方式,更加准确的控制合金的成份,减少合金中的气体含量,同时将有害夹杂,非金属夹杂物及低熔点有色杂质进行除去,提高该合金的强溶度。并且结晶组织得到了改善,确保了该合金产品的晶粒度最终达到纳米晶。并且对热处理加工冷却气体进行了选择,得到的铁钴钒超合金十分各项性能十分优良,十分具有实用价值。

## 附图说明

[0026] 图1系德国Vacflux50,中国1J22,本发明实施例的FeCoV超合金三种材料的交流饱和磁感应强度的曲线对比图。

[0027] 图2系德国Vacflux50,中国1J22,本发明实施例的FeCoV超合金三种材料在不同频率下动态涡流损耗曲线对比图。

## 具体实施方式

[0028] 为了能够更清楚地理解本发明的技术内容,下面对本发明的具体实施方法作进一步说明。

[0029] 本实施例制备铁钴钒超合金步骤如下:

[0030] 步骤(1):将纯Fe、纯V、纯Co、纯Ni按质量百分比加入真空感应炉中熔炼,熔炼完后得到熔炼物,在 $1480 \sim 1520^\circ\text{C}$ 保温20~50分钟,以保证所有合金元素溶解并充分扩散,将熔炼物置入金属模具中浇铸获得 $\Phi 180 \times L$ 的铸锭;铸锭的尺寸是 $\Phi 180 \times L$ 。

[0031] 步骤(2):将铸锭进行车加工到不大于 $\Phi 170 \times L$ 后,得到加工后的铸锭,将加工后的铸锭进行铸锭开坯锻造工艺后,第一次淬火,得到锻造后的坯料;加热炉为天然气加热炉或电炉。

[0032] 步骤(3):将锻造后的坯料进行热轧带坯加热工艺后,第二次淬火,得到热轧后的坯料;

[0033] 步骤(4):将热轧后的坯料进行冷轧带工艺,得到冷轧后的坯料;

[0034] 步骤(5):将冷轧后的坯料进行热处理工艺,得到铁钴钒超合金。

[0035] 上述铸锭开坯锻造工艺为将加工后的铸锭以每小时100℃升温至700℃保温90分钟,再以每小时150℃升温至900℃保温60分钟,后以每小时150℃升温至1160℃保温120分钟开始铸锭开坯锻造,终锻温度至少为850℃,锻造规格为30×160×L。

[0036] 上述热轧带坯加热工艺为将锻造后的坯料以每小时200℃升温至1160℃保温120分钟开始热轧带坯加热,终轧温度大于900℃,轧制规格为2.3×160×L。

[0037] 上述冷轧带工艺为将热轧后的坯料先采用45%以上的压下率轧制得到初冷轧坯料,轧制规格为1.0mm,然后对冷轧带清理后再将初冷轧坯料直接冷轧至0.4×160×L尺寸得到冷轧后的坯料。

[0038] 上述第一次淬火温度为860℃,淬火硬度值HB190,淬火介质为冰水加NaCl。采用冰水主要是为降低水的温度,提高淬火的冷却速度,加入NaCl主要是增加淬透性。

[0039] 上述第二次淬火温度为890℃,淬火硬度值HB180,淬火介质为冰水加NaCl。采用冰水和NaCl理由同上,。

[0040] 上述热处理工艺为将冷轧后的坯料进行清洗、脱脂、脱气和净化表面后置于一个真空热处理炉中,以每小时60℃的速率升温至845℃,由于在真空中加热原有的氧化物转变成分解压较高的亚氧化物,不经分解而直接升华为气相氧化物,还有些氧化物可以以氧化物和转变亚氧化物两种形式同时蒸发,从而得到坯料表面为光亮色,保持材料原色。然后保温360分钟得到保温后的坯料,所述真空热处理炉的真空度系数为 $8 \times 10^{-3}$ Pa,将保温后的坯料以105~110℃/h的速率炉冷至180℃,之后充氮气快速冷却至室温,硬度值在HB200~HB300之间,得到铁钴钒超合金。

[0041] 其中,铁钴钒超合金还经过热处理氧化工序。热处理氧化包括将铁钴钒超合金在Mg(OH)<sub>2</sub>中加热至350℃,在铁钴钒超合金的表面产生氧化镁保护膜。让后期的高温退火的工件之间不会粘接。

[0042] 磁性能检测试验环制作方法:钢卷(厚度0.4mm)上取样,经线切割加工流程制成内径32mm,外径40mm的圆环,为了突出加工工艺对磁性能的影响,试验环厚度确定为4mm。

[0043] 上述制备方法得到的铁钴钒超合金的化学成分表以及性能和铁损耗值如表1、2、3所示。

[0044] 表1.上述实施例的铁钴钒超合金的化学成份表

[0045]

C	Mn	Si	P	S	Cu	Co	V	Ni	Fe
0.008	0.023	0.08	0.005	0.004	0.03	50.10	1.79	0.27	47.69

[0046] 表2.上述实施例的铁钴钒超合金性能数据(检测标准:GB/T3567/GB/T3568)

[0047]

在不同磁场强度(A/m)下的静态磁性能/T							Hc/(A/m)
厚度	B <sub>400</sub>	B <sub>800</sub>	B <sub>1600</sub>	B <sub>2400</sub>	B <sub>4000</sub>	B <sub>8000</sub>	
0.4	2.12	2.22	2.29	2.31	2.37	2.41	51

[0048] 表3.上述实施例的铁钴钒超合金铁损耗

[0049]

涡流损耗 (铁损)						
$\delta$ /m m	f/Hz	P/(W/kg)				
		P1.5	P1.7	P1.9	P2.0	P2.1
0.4	50	2.13 ~ 2.63	2.64 ~ 3.26	3.20 ~ 3.96	3.50 ~ 4.33	3.81 ~ 4.71
	400	36.99 ~ 45.69	46.79 ~ 57.80	57.67 ~ 71.24	63.52 ~ 78.46	69.63 ~ 86.01
	800	119.58 ~ 147.72	152.15 ~ 187.95	188.51 ~ 232.86	208.10 ~ 257.07	228.64 ~ 282.43
	1000	177.98 ~ 219.86	226.79 ~ 280.16	281.36 ~ 347.56	310.79 ~ 383.92	341.65 ~ 422.04

[0050] 表4、5、6为普通的铁钴钒超合金的化学成分、性能数据以及铁损耗的表,如表4、5、6所示:

[0051] 表4.普通的铁钴钒的超合金的成分表

[0052]

C	Mn	Si	P	S	Cu	Co	V	Fe
≤0.04	≤0.30	≤0.30	≤0.020	≤0.020	≤0.20	49.0 ~ 51.0	0.80 ~ 1.80	余量

[0053] 表5.普通的铁钴钒的超合金的性能数据

[0054]

在不同磁场强度(A/m)下的静态磁性能/T							Hc/(A/m)
厚度	B <sub>400</sub>	B <sub>800</sub>	B <sub>1600</sub>	B <sub>2400</sub>	B <sub>4000</sub>	B <sub>8000</sub>	
0.4	1.91	2.08	2.19	2.23	2.26	2.30	56.6

[0055] 表6.普通的铁钴钒的超合金铁损耗



[0056]

铁 损						
$\delta$ /m m	f/Hz	P/(W/kg)				
		P1.5	P1.7	P1.9	P2.0	P2.1
0.4	50	2.33 ~ 2.83	2.84 ~ 3.46	3.40 ~ 4.15	3.6 ~ 4.53	4.02 ~ 4.96
	400	37.30 ~ 45.92	47.03 ~ 57.96	57.87 ~ 71.45	63.82 ~ 78.86	70.3 ~ 86.62
	800	119.99 ~ 148.72	152.85 ~ 188.95	189.51 ~ 233.86	210.10 ~ 259.07	231.64 ~ 284.43
	1000	178.98 ~ 220.86	227.79 ~ 281.16	282.36 ~ 348.56	312.79 ~ 385.92	343.65 ~ 424.04

[0057] 从表1、2、3与表4、5、6进行对比可知,本发明实施例中的铁钴钒超合金的各项性能指标以及铁损耗均要好于普通的铁钴钒的超合金。

[0058] 采用以上的铁钴钒超合金及其制备方法,在不同磁场下饱和磁感应强度(B值)可达到材料的峰值(2.5T),矫顽力低,涡流损耗低,同时材料的韧性好,便于后期的加工产品成材率和良品率提高40%,热处理工艺的开发便于操作人员操作,能使产品的饱和磁感强度(B值)在峰值时趋于稳定,其它各项性能也非常稳定。其通过对该合金化学成份的微量元素进行严格的控制,采用“超纯净”+“真空熔炼”电解(Fe,Co,V,Ni纯度>99.99%)的方式,更加准确的控制合金的成份,减少合金中的气体含量,同时将有害夹杂,非金属夹杂物及低熔点有色杂质进行除去,提高该合金的强溶度。并且结晶组织得到了改善,确保了该合金产品的晶粒度最终达到纳米晶。并且对热处理加工冷却气体进行了选择,得到的铁钴钒超合金十分各项性能十分优良,十分具有实用价值。

[0059] 该合金内将钒元素提高至1.63~2.20可以让合金的晶化温度提高,能使二个晶化峰的温差距离拉大,从而使热处理温度能有效的控制找到最佳的热处理工艺,同时钒元素可以细化晶粒,改善原有材料的脆性,也可以通过冷轧加工明显提高磁感性强度。铁钴合金中加入钒后:韧性较差,从而本发明将镍成分控制在0.2~0.6之间,虽然镍没有改变合金的有序化程度,确产生了L12结构,该第二相富含钒和镍这种相的转变让晶粒度更均匀细化,大大提高了材料的韧性,该成分的加入不改变材料的有序变,对磁感应强度没有任何影响。加入以上元素大大降低了材料后期加工的脆性,提高了冲压产品成材料率达30%,同时也提高了材料的磁感应强度10%。

[0060] 在此说明书中,本发明已参照其特定的实施例作了描述。但是,很显然仍可以做出各种修改和变换而不背离本发明的精神和范围。因此,说明书应被认为是说明性的而非限制性的。

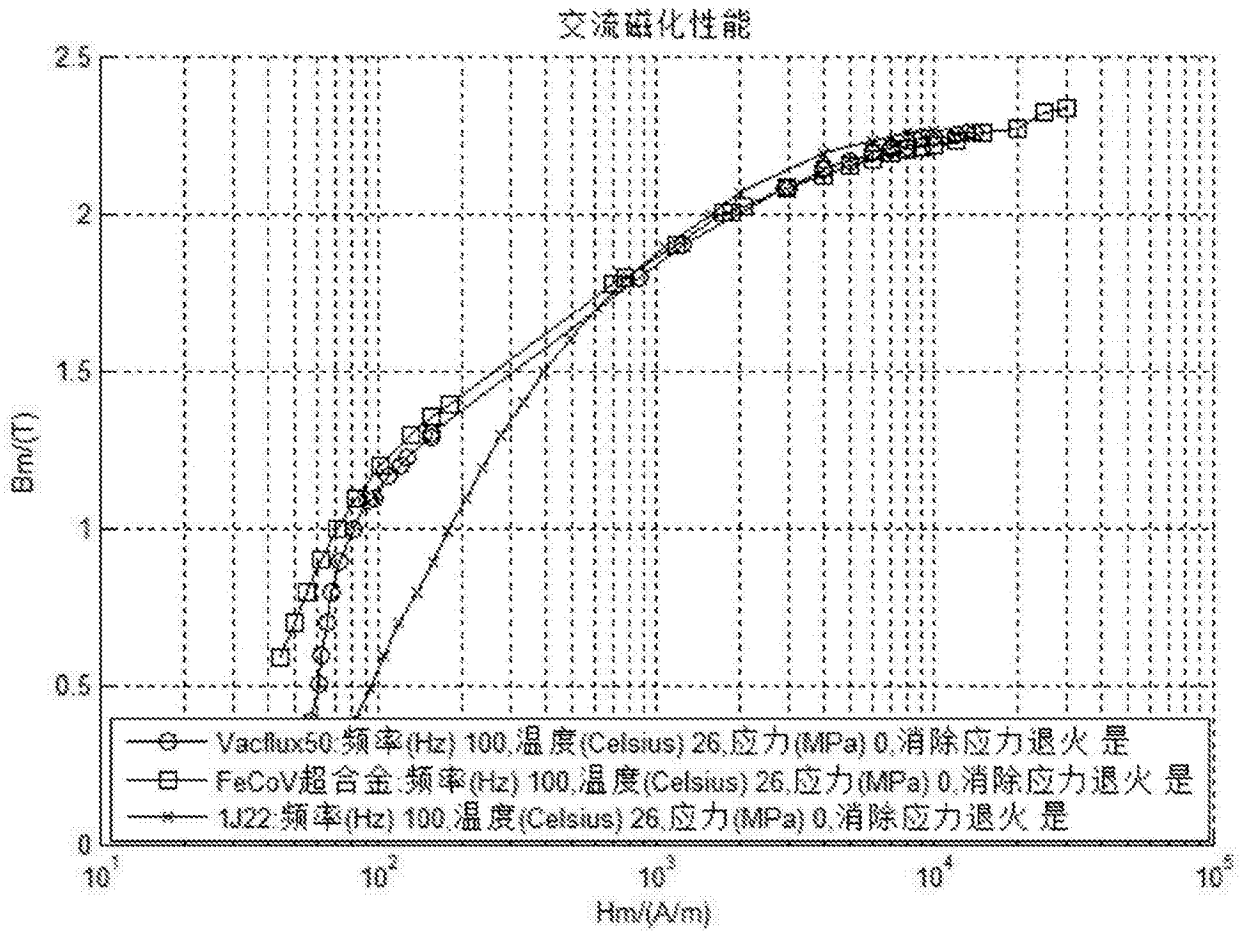


图1

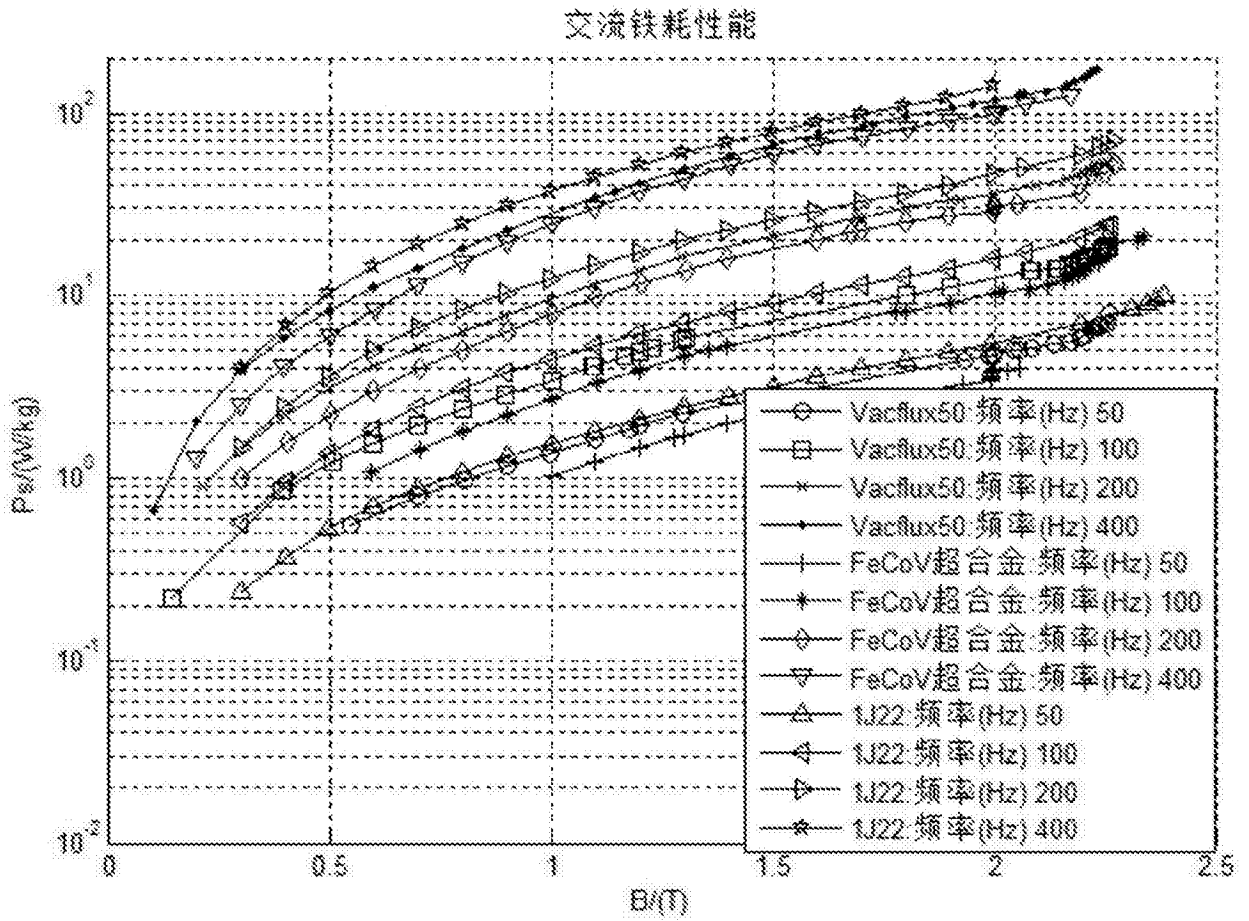


图2