



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109338216 B

(45) 授权公告日 2020.12.15

(21) 申请号 201811240729.0

G22C 38/16 (2006.01)

(22) 申请日 2018.10.24

G22C 38/06 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

G21D 8/00 (2006.01)

申请公布号 CN 109338216 A

审查员 陈小红

(43) 申请公布日 2019.02.15

(73) 专利权人 辽宁工业大学

地址 121000 辽宁省锦州市古塔区士英街  
169号

(72) 发明人 李青春 陈淑英 常国威 张瑞祥

(74) 专利代理机构 锦州辽西专利事务所(普通  
合伙) 21225

代理人 王佳佳

(51) Int.Cl.

G22C 38/02 (2006.01)

G22C 38/04 (2006.01)

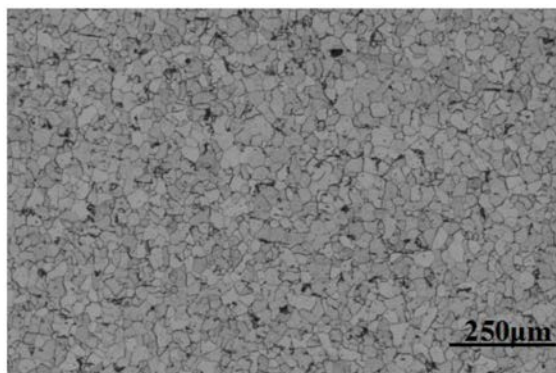
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种高性能发电机爪极用钢的制备方法

(57) 摘要

一种高性能发电机爪极用钢的制备方法,爪极用钢成份为:0.02~0.06%C,0.02~0.05%Si,0.3~0.4%Mn,0.02~0.1%Cu,0.01~0.04%Al,0.002~0.005%S,0.012~0.02%P,铸坯经加热后于1200℃~1250℃热轧,压下率为70~80%,终轧温度在900℃~1000℃,轧后直接层流冷却到200℃,空冷至室温。热轧出的爪极用钢坯料晶粒均匀度高,饱和磁化强度高,矫顽力低。本发明提高了爪极用钢坯料的磁性能,工艺简单,操作方便,容易实现。



1. 一种高性能发电机爪极用钢的制备方法,其特征是:

具体步骤如下:

步骤一:按照化学成分质量百分比称取原料,进行冶炼、浇铸,该工艺适用钢的化学质量百分比如下:

C 0.02~0.06%;

Si 0.02~0.05% ;

Mn 0.3~0.4%;

Cu 0.02~0.1%;

Al 0.01~0.04%;

S 0.002~0.005%;

P 0.012~0.02%;

余量为Fe;

步骤二:铸坯经1200℃~1250℃加热,保温4小时~6小时均热后,在1100℃~1200℃开轧,在Ar<sub>3</sub>以上高温区终轧,进行多个道次70%~80%压下率的热轧;轧后层流冷却至200℃,随后空冷,获得晶粒平均尺寸在20μm-40μm,晶粒均匀度值GME>0.9,饱和磁化强度超过220emu/g的高性能发电机爪极用钢。

2. 根据权利要求1所述的高性能发电机爪极用钢的制备方法,其特征是:步骤一中,Si含量在0.026%~0.046%。

## 一种高性能发电机爪极用钢的制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于发电机爪极用钢制备技术领域,具体涉及一种高磁性能爪极用钢及其热轧工艺,其晶粒平均尺寸在 $20\mu\text{m}$ - $40\mu\text{m}$ ,晶粒均匀度值 $\text{GME}>0.9$ ,饱和磁化强度超过 $220\text{emu/g}$ 。

### 背景技术

[0002] 当今汽车市场对汽车舒适性和实用性的追求日趋完美,电气化和自动化程度越来越高,对发电机的发电性能也提出了更高的要求。爪极作为发电机的动力核心,爪极的成分、组织、磁性能及加工工艺的好坏直接影响发电机在各种不同工况下的发电性能。爪极材料通常选用06、08和10号钢。为了提高发电机的发电性能,需要弄清爪极用钢中,哪个元素是影响磁性能的关键因素,这些关键元素的成分应控制在哪个范围。

[0003] 现在国内外逐渐采用锻造方法生产爪极,目前有热锻反挤压、热锻正挤压、温锻与冷锻联合工艺等成型方法。德国汉诺威大学的Doege E和Bohnsack R采用一步热锻法成形爪极。该工艺模具简单,工序少,只经过一次加热和一次挤压便可成型,但成形载荷较大(达到 $5500\text{N}$ )、模具寿命短、爪极精度低。目前,国内精锻公司通常把注意力集中在加热、镦粗、预锻、终锻、切边、退火、冷挤压、精整这些工艺流程。在锻造爪极前,原材料为热轧圆钢,原材料的成分、组织和组织会影响锻造爪极的磁性能。而热轧工艺对原材料组织、组织和磁性能的影响还没有引起足够重视。

### 发明内容

[0004] 为了解决上述技术问题,本发明的目的在于提供一种能显著提高爪极磁性能的原材料,并利用优化的热轧工艺生产出高性能爪极用钢坯料的高性能发电机爪极用钢的制备方法。

[0005] 为达到上述目的,本发明的技术方案是:

[0006] 一种高性能发电机爪极用钢的制备方法,其具体步骤如下:

[0007] 步骤一:按照化学成分质量百分比称取原料,进行冶炼、浇铸,该工艺适用钢的化学质量百分比如下:

[0008] C 0.02~0.06%;

[0009] Si 0.02~0.05%;

[0010] Mn 0.3~0.4%;

[0011] Cu 0.02~0.1%;

[0012] Al 0.01~0.04%;

[0013] S 0.002~0.005%;

[0014] P 0.012~0.02%;

[0015] 余量为 Fe;

[0016] 步骤二:铸坯经 $1200^{\circ}\text{C}$ ~ $1250^{\circ}\text{C}$ 加热,保温4小时~6小时均热后,在 $1100^{\circ}\text{C}$ ~ $1200$

℃开轧,在Ar<sub>3</sub>以上高温区终轧,进行多个道次70%~80%压下率的热轧;轧后层流冷却至200℃,随后空冷,得到高性能发电机爪机用钢。

[0017] 进一步的,终轧温度在900℃~1000℃。

[0018] 进一步的,步骤一中,Si含量在0.026%~0.046%。

[0019] 进一步的,步骤一中,Si含量在0.026%。

[0020] 进一步的,步骤二中,压下率为75%。

[0021] 本发明中,精确控制压下率、硅含量,是保证获得高性能爪极用钢坯料的关键技术。

[0022] 本发电机爪极用钢坯料,具有至少以下有益效果:

[0023] (1)通过控制原材料中硅含量在0.02%~0.05%,热轧压下率在70%~80%,使爪极的平均晶粒尺寸在20μm~40μm,晶粒均匀度值GME>0.9,显著提高爪极的饱和磁化强度M<sub>s</sub>,降低矫顽力H<sub>c</sub>。

[0024] (2)操作可行,生产效率高。无需对锻造后的爪极进行既耗能又费工时的常规退火,只需对爪极用钢坯料调整硅含量和热轧工艺,降低成本,节省能源,可以实现工业化大规模生产。

## 附图说明

[0025] 图1是本发明(对应实施例2)高性能发电机爪机用钢的金相组织图。

## 具体实施方式

[0026] 根据表1所给出的化学成分,经感应炉真空熔炼,铸造坯料锻造成坯,以进行后续热轧工艺。

[0027] 表1爪极用钢中各成分的质量百分数

C	Si	Mn	Cu	Al	S	P	余量
0.02-0.06	0.026-0.05	0.3-0.45	0.04	0.03	0.003	0.015	Fe

[0029] 热轧工艺为:将20mm\*30mm\*70mm(厚度20mm)的锻坯加热到1200℃~1250℃保温4小时~6小时,在二辊热轧机上热轧多个道次,得到厚度为4mm~6mm左右的热轧薄板,总压下率为70%~80%,其高温开轧、终轧温度分别为1100℃~1200℃、900℃~1000℃。终轧后层流冷却到200℃,空冷。

[0030] 实施例1

[0031] 步骤一:按照化学成分质量百分比称取原料,进行冶炼、浇铸,该工艺适用钢的化学质量百分比如下:

[0032] C 0.06%;

[0033] Si 0.026%;

[0034] Mn 0.4%;

[0035] Cu 0.02%;

[0036] Al 0.04%;

[0037] S 0.002%;

[0038] P 0.02%;

[0039] 余量为 Fe;

[0040] 步骤二:铸坯经1220℃加热,保温5小时均热后,在1150℃开轧,在Ar<sub>3</sub>以上高温区终轧,终轧温度在950℃,进行多道次累计压下率为70%的热轧;轧后层流冷却至200℃,随后空冷,得到高性能发电机爪机用钢。对应的晶粒尺寸、均匀度值以及磁性能值如表2所示。

[0041] 实施例2

[0042] 步骤一:按照化学成分质量百分比称取原料,进行冶炼、浇铸,该工艺适用钢的化学质量百分比如下:

[0043] C 0.06%;

[0044] Si 0.026%;

[0045] Mn 0.4%;

[0046] Cu 0.02%;

[0047] Al 0.04%;

[0048] S 0.002%;

[0049] P 0.02%;

[0050] 余量为 Fe;

[0051] 步骤二:铸坯经1220℃加热,保温5小时均热后,在1150℃开轧,在Ar<sub>3</sub>以上高温区终轧,终轧温度在950℃,进行多道次累计压下率为75%的热轧;轧后层流冷却至200℃,随后空冷,得到高性能发电机爪机用钢。金相组织图如图1所示;对应的晶粒尺寸、均匀度值以及磁性能值如表2所示。

[0052] 实施例3

[0053] 步骤一:按照化学成分质量百分比称取原料,进行冶炼、浇铸,该工艺适用钢的化学质量百分比如下:

[0054] C 0.06%;

[0055] Si 0.026%;

[0056] Mn 0.4%;

[0057] Cu 0.02%;

[0058] Al 0.04%;

[0059] S 0.002%;

[0060] P 0.02%;

[0061] 余量为 Fe;

[0062] 步骤二:铸坯经1220℃加热,保温5小时均热后,在1150℃开轧,在Ar<sub>3</sub>以上高温区终轧,终轧温度在950℃,进行多道次累计压下率为80%的热轧;轧后层流冷却至200℃,随后空冷,得到高性能发电机爪机用钢。对应的晶粒尺寸、均匀度值以及磁性能值如表2所示。

[0063] 表2不同热轧工艺参数对应的磁性能

[0064]

工艺参数	实施例1	实施例2	实施例3
累积压下率/%	70	75	80
饱和磁化强度Ms/emu/g	223	231	227
矫顽力Hc/G	6.54	5.52	5.87
晶粒平均尺寸/μm	30	39	30

晶粒均匀度GME	0.964	0.988	0.962
----------	-------	-------	-------

[0065] 实施例4

[0066] 步骤一:按照化学成分质量百分比称取原料,进行冶炼、浇铸,该工艺适用钢的化学质量百分比如下:

[0067] C 0.02%;

[0068] Si 0.035%;

[0069] Mn 0.3%;

[0070] Cu 0.1%;

[0071] Al 0.01%;

[0072] S 0.005%;

[0073] P 0.012%;

[0074] 余量为 Fe;

[0075] 步骤二:铸坯经1200℃加热,保温6小时均热后,在1200℃开轧,在Ar<sub>3</sub>以上高温区终轧,终轧温度在1000℃,进行累计压下率为70%的热轧;轧后层流冷却至200℃,随后空冷,得到高性能发电机爪机用钢。对应的晶粒尺寸、均匀度值以及磁性能值如表3所示。

[0076] 实施例5

[0077] 步骤一:按照化学成分质量百分比称取原料,进行冶炼、浇铸,该工艺适用钢的化学质量百分比如下:

[0078] C 0.02%;

[0079] Si 0.035%;

[0080] Mn 0.3%;

[0081] Cu 0.1%;

[0082] Al 0.01%;

[0083] S 0.005%;

[0084] P 0.012%;

[0085] 余量为 Fe;

[0086] 步骤二:铸坯经1200℃加热,保温6小时均热后,在1200℃开轧,在Ar<sub>3</sub>以上高温区终轧,终轧温度在1000℃,进行累计压下率为75%的热轧;轧后层流冷却至200℃,随后空冷,得到高性能发电机爪机用钢。对应的晶粒尺寸、均匀度值以及磁性能值如表3所示。

[0087] 实施例6

[0088] 步骤一:按照化学成分质量百分比称取原料,进行冶炼、浇铸,该工艺适用钢的化学质量百分比如下:

[0089] C 0.02%;

[0090] Si 0.035%;

[0091] Mn 0.3%;

[0092] Cu 0.1%;

[0093] Al 0.01%;

[0094] S 0.005%;

[0095] P 0.012%;

[0096] 余量为 Fe;

[0097] 步骤二:铸坯经1200℃加热,保温6小时均热后,在1200℃开轧,在Ar<sub>3</sub>以上高温区终轧,终轧温度在1000℃,进行累计压下率为80%的热轧;轧后层流冷却至200℃,随后空冷,得到高性能发电机爪机用钢。对应的晶粒尺寸、均匀度值以及磁性能值如表3所示。

[0098] 表3不同热轧工艺参数爪极用钢对应的磁性能

工艺参数	实施例 4	实施例 5	实施例 6
[0099] 累积压下率/%	70	75	80
饱和磁化强度 Ms/emu/g	221	228	223
矫顽力 H <sub>C</sub> /G	6.23	5.88	6.07

[0100] 晶粒平均尺寸/μm	27	40	32
晶粒均匀度 GME	0.943	0.975	0.974

[0101] 实施例7

[0102] 步骤一:按照化学成分质量百分比称取原料,进行冶炼、浇铸,该工艺适用钢的化学质量百分比如下:

[0103] C 0.04%;

[0104] Si 0.046%;

[0105] Mn 0.35%;

[0106] Cu 0.05%;

[0107] Al 0.03%;

[0108] S 0.003%;

[0109] P 0.015%;

[0110] 余量为 Fe;

[0111] 步骤二:铸坯经1250℃加热,保温4小时均热后,在1100℃开轧,在Ar<sub>3</sub>以上高温区终轧,进行多个道次75%压下率的热轧,终轧温度在900℃;轧后层流冷却至200℃,随后空冷,得到高性能发电机爪机用钢。对应的晶粒尺寸、均匀度值以及磁性能值如表4所示。

[0112] 对比例1:

[0113] 步骤一:按照化学成分质量百分比称取原料,进行冶炼、浇铸,该工艺适用钢的化学质量百分比如下:

[0114] C 0.04%;

[0115] Si 0.006%;

[0116] Mn 0.3%;

[0117] Cu 0.1%;

[0118] Al 0.02%;

[0119] S 0.003%;

[0120] P 0.015%;

[0121] 余量为 Fe;

[0122] 步骤二:铸坯经1250℃加热,保温4小时均热后,在1100℃开轧,在Ar<sub>3</sub>以上高温区终轧,进行多个道次75%压下率的热轧,终轧温度在900℃;轧后层流冷却至200℃,随后空

冷,得到高性能发电机爪机用钢。对应的晶粒尺寸、均匀度值以及磁性能值如表4所示。

[0123] 对比例2:

[0124] 步骤一:按照化学成分质量百分比称取原料,进行冶炼、浇铸,该工艺适用钢的化学质量百分比如下:

[0125] C 0.04%;

[0126] Si 0.076%;

[0127] Mn 0.35%;

[0128] Cu 0.1%;

[0129] Al 0.03%;

[0130] S 0.003%;

[0131] P 0.015%;

[0132] 余量为 Fe;

[0133] 步骤二:铸坯经1250℃加热,保温4小时均热后,在1100℃开轧,在Ar<sub>3</sub>以上高温区终轧,进行多个道次75%压下率的热轧,终轧温度在900℃;轧后层流冷却至200℃,随后空冷,得到高性能发电机爪机用钢。对应的晶粒尺寸、均匀度值以及磁性能值如表4所示。

[0134] 表4不同硅含量爪极用钢对应的磁性能

工艺参数	实施例7	对比例1	对比例2
累积压下率/%	75	75	75
饱和磁化强度Ms/emu/g	224	210	218
矫顽力Hc/G	5.9	6.76	4.76
晶粒平均尺寸/μm	31	33	48
晶粒均匀度GME	0.958	0.947	0.885

[0136] 附:GME定义为待测图像中各晶粒直径大小的标准差与其平均值的比值,现计算如下:

$$[0137] \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \mu_d)^2}{n-1}}$$

$$[0138] \quad \mu_d = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$$

[0139] 式中, $\sigma_d$ —爪极各部位晶粒直径平均值的标准差, $d_i$ —爪极各部位晶粒直径的平均值, $\mu_d$ —整个爪极晶粒直径的平均值。GME值越高,晶粒分布越均匀。

[0140] 以上仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。



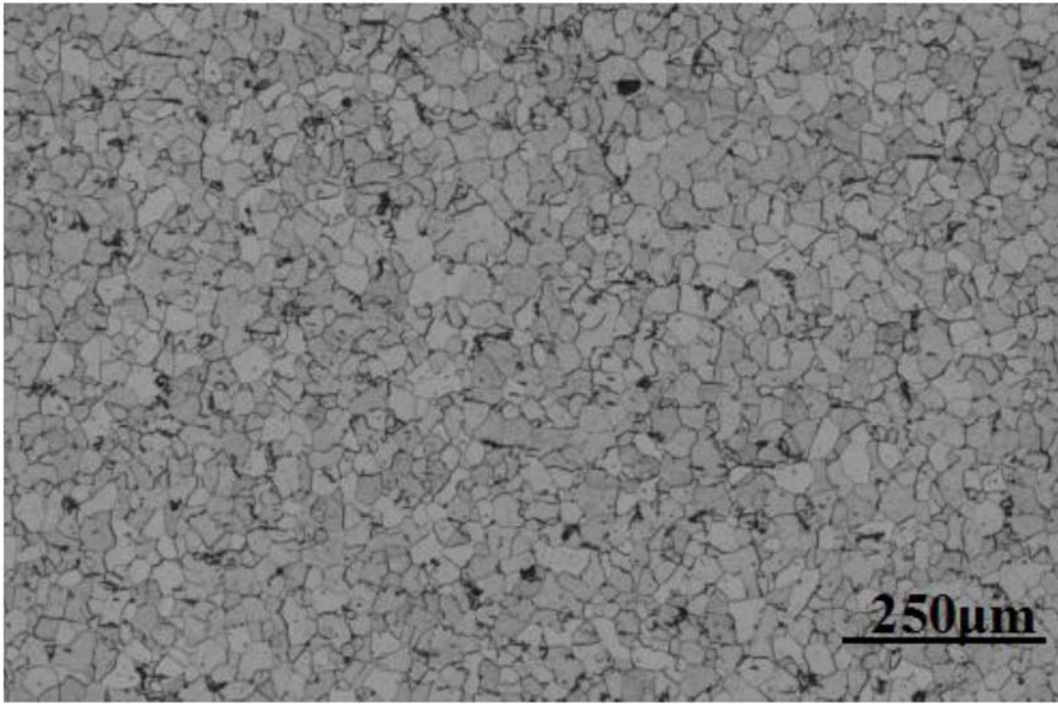


图1