



(21) 申请号 201310000452.5

(22) 申请日 2013.01.04

(73) 专利权人 湖南雪豹电器有限公司

地址 411400 湖南省湘潭市湘乡市湘乡经济
开发区振湘路 005 号

(72) 发明人 谭亮 陈本富

(51) Int. Cl.

H02K 15/02 (2006.01)

审查员 姚雪梅

权利要求书1页 说明书5页

(54) 发明名称

采用半工艺钢生产电机转子和定子的生产工艺

(57) 摘要

一种采用半工艺钢生产电机转子和定子的生产工艺。它主要是解决现有工艺能耗高、污染大、成本高等技术问题。其技术方案要点是：它包括钢水冶炼、连铸、热轧、冷轧、冲片、退火、分条、冲片及退火等工序，它按质量百分比 $C \leq 0.01$, $P \leq 0.015$, $S \leq 0.012$, $0.4 \leq Si \leq 0.60$, $0.6 \leq Mn \leq 0.8$, $0.15 \leq Al \leq 0.25$ 进行计量加入硅铁、锰铁和铝合金进行合金化制得半工艺冷轧无取向电工钢；经 CSP 连铸、热连轧、冷连轧制作成冷轧板，退火处理后采用平整机组平整延伸后进行拉矫分卷，按规格要求切剪出转子或定子冲片经连续冲压后，对转子或定子冲片进行消除应力退火处理后即得成品。它主要是用于电机铁芯的生产工艺中。

1. 一种采用半工艺钢生产电机转子和定子的生产工艺,其特征是它包括以下工序:钢水冶炼、连铸、热轧、冷轧、冲片、退火、分条、冲片及退火,具体包括:铁水预处理→转炉冶炼、且全程吹氩→RH精练→CSP连铸→CSP加热炉→CSP热连轧→酸洗与冷轧→退火→平整分卷→分条→冲片→退火;在采用RH炉真空冶炼时,利用RH真空脱气装置将钢水中C脱到60ppm以下,并使钢水在出RH炉时的S小于100ppm;在所述CSP连铸过程中,拉速控制在3.0~4.2m/min之间;转炉冶炼过程中,按质量百分比 $C \leq 0.01$, $P \leq 0.015$, $S \leq 0.012$, $0.4 \leq Si \leq 0.60$, $0.6 \leq Mn \leq 0.8$, $0.15 \leq Al \leq 0.25$,其余为Fe的比例,且按Si收复率95%、Mn收复率97%、Al收复率35%进行计量加入硅铁、锰铁和铝合金进行合金化制得 $C \leq 0.01$ 、 $P \leq 0.015$ 、 $S \leq 0.012$ 、 $0.4 \leq Si \leq 0.60$ 、 $0.6 \leq Mn \leq 0.8$ 、 $0.15 \leq Al \leq 0.25$,其余为Fe的半工艺冷轧无取向电工钢;再经CSP连铸、CSP热连轧后,等冷却酸洗后进行冷连轧制作成冷轧板,对冷轧板采用退火炉进行退火处理后,采用平整机组进行2~10%的平整延伸后进行拉矫分卷,分卷后的钢卷在分条机上进行分条切割,并按电机转子或定子规格要求切剪出转子或定子冲片,转子或定子冲片的冲床上进行连续冲压后,对转子或定子冲片进行消除应力退火处理后即得成品的转子或定子冲片;所述消除应力退火处理是采用真空充氮连续退火炉,在 N_2 或 $N_2 + H_2$ 的保护气氛下,在连续退火炉中700~900℃进行完全退火,再缓冷到约450℃时通入水蒸汽进行发蓝处理,使冲片的表面形成一层致密的氧化膜作为绝缘膜,然后叠片制作成转子或定子铁芯。

2. 根据权利要求1所述采用半工艺钢生产电机转子和定子的生产工艺,其特征是:所述CSP热连轧过程中,控制加热温度为1000~1150℃,出炉温度为980~1120℃,精轧出口温度860~920℃,卷取温度为620~660℃。

3. 根据权利要求1所述采用半工艺钢生产电机转子和定子的生产工艺,其特征是:所述CSP热连轧过程中设置5道次以上轧机,第1道轧机F1的压下率 $\geq 50\%$,第1~4道轧机F1~F4的累积压下率 $\geq 90\%$,最后1道轧机的压下率 $\leq 20\%$ 。

4. 根据权利要求1所述采用半工艺钢生产电机转子和定子的生产工艺,其特征是:所述酸洗与冷轧工艺包括:热轧并冷却后送往酸洗槽,在酸洗槽采用浓度为30~150g/L的盐酸(HCl)进行酸洗,酸洗过程中温度控制在80~100℃,酸洗运行速率100~180m/min,酸洗后进行3道次以上冷连轧,使冷轧的总压下率大于75%,其中第1道轧机的压下率 $\geq 35\%$,而最后1道轧机的压下率 $\leq 10\%$ 。

5. 根据权利要求1所述采用半工艺钢生产电机转子和定子的生产工艺,其特征是:在冷连轧过程中,采用窜辊、或弯辊、或凸辊控制改善板形。

6. 根据权利要求1所述采用半工艺钢生产电机转子和定子的生产工艺,其特征是:所述冷轧板退火工艺包括:在罩式退火炉中进行再结晶退火,退火温度控制在650~750℃,保温时间控制在8~12小时。

采用半工艺钢生产电机转子和定子的生产工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电机铁芯的生产工艺,尤其是一种采用半工艺钢生产电机转子和定子铁芯的生产工艺。

背景技术

[0002] 冷轧电工钢由于其生产工艺复杂、技术含量高、生产难度大、投资大,国内目前也仅有武钢、宝钢、鞍钢、太钢等少数几个钢厂能生产,这些厂家均采用传统厚度的铸坯即传统工艺进行生产,但随着连铸连轧(CSP)工艺的大规模的工业应用,给电工钢生产开辟了另一个崭新的工艺,国外CSP生产电工钢的实践和“十五国家攻关项目”初步成果均表明:采用CSP生产中低牌号的无取向电工钢具有明显的投资、成本和质量优势,随着国家可持续发展战略的实施,保护环境、节约能源,是当今我国钢铁工业发展的一个重要方向,采用半工艺冷轧无取向电工钢取代热轧电工钢具备显著的节能、环保及成本优势。而采用全工艺的硅钢的生产难度大、且杂质高,生产成本也很高。

[0003] 同时,对硅钢片/矽钢片/电工钢的表面进行涂层处理也是一个很重要的问题,目前,冷轧无取向硅钢片/矽钢片/电工钢表面涂层主要包括:有机涂层、半无机涂层、无机涂层3大类:

[0004] 所述有机涂层,是在成品电工钢板上涂覆一层有机涂层。中国的硅钢片/矽钢片表面涂层研究起步较晚,落后于世界先进水平。电机、变压器的生产厂商仍采用有机电工钢涂层,在很大程度上影响了中国机电设备在国际市场上的竞争能力。化学工业的发展为电工钢表面涂层技术的进步提供了广阔的前景。中国国内有机涂层经历了早期的沥青天漆1611#,进而发展到环氧的酚醛漆9162#,目前,应用最多的是二甲苯改性醇酸漆9163#。尽管涂覆这些有机漆后形成的有机涂层成膜性能良好,具有较好冲剪加工性,但是也存在许多不可克服的缺点,比如:(1)涂层厚(10~15 μm),焊接性差,铁芯叠装系数低(92%)。(2)涂层热收缩性大,铁芯易松动,尺寸稳定性差。(3)涂层硬度低(一般在0.9左右),有机溶剂毒性大,价格高,易造成浪费和环境污染,影响操作工人的身体健康。(4)层间电阻随运行逐渐降低,若遇到铁芯局部过热,易发生碳化,耐热性差。

[0005] 所谓半无机涂层,是在成品电工钢板上涂覆一层含有机树脂的无机绝缘涂层。我们知道使用含有机树脂的无机绝缘涂层能为固化的涂层提供润滑性,从而降低在冲剪硅钢片/矽钢片时模具有磨损速度。即可将磷酸盐、铬酸盐无机溶液与有机树脂溶液相混合。美国专利2793073披露了一种用于涂覆硅钢片/矽钢片的绝缘涂层。涂层的有机部分是由选自丙烯酸树脂或共聚物,无水马来酸、聚乙烯醇缩醛、氨基树脂、木素磺酸钙、酚醛树脂、醋酸乙烯酯、氯乙烯和环氧树脂的一种或多种。可以添加粒度大于2 μm 的有机颗粒物质,例如:酚醛树脂,三聚氰胺树脂等来提供表面不平度,以获得良好的焊接性,涂层的无机部分可以包括磷酸类物质或铬酸类物质中一种或多种。磷酸类物质可包括钙、镁、锌的一种磷酸盐,以及二氧化钛、胶体二氧化硅、氧化铝和硼酸。铬酸类物质可包括钙、镁、锌的一种重铬酸盐,以及二氧化钛,胶体氧化铝和一种有机还原剂。这种用半无机涂层涂覆的硅钢片/矽

钢片具有良好的冲剪加工性和防腐性。但是,在焊接加工过程中树脂挥发可产生过多的气孔,为了使此过程中因树脂的挥发而产生的焊接气孔降至最少,需在磷酸盐、铬酸盐绝涂料中加入颗粒,但在冲剪加工过程中还会有粉化现象。再者,由于这类涂层含有可溶性六价铬成铬酸盐,因而,在涂层的涂覆、涂覆钢板的加工、使用和废涂层液的处置过程中会产生安全和价昂的环境污染方面的问题。

[0006] 所述无机涂层,是在成品电工钢板上涂覆一层薄的绝缘材料。较普遍应用的是:水玻璃、滑石、氧化镁、硼砂、磷酸盐、铬酸盐等。其中无机磷酸盐类涂料是主要品种。无机磷酸盐类可以为涂层提供优良的表面电阻率和耐热性。但是,在冲剪叠片时会对冲膜造成过分的磨损,而且不易和电工钢板产生良好的附着性。美国专利 2753203 报道了一种含有 7%~50%游离酸的磷酸溶液,多达 150 质量份的胶体二氧化硅和多达 25 质量份的铬酸酐溶液,这种混合液可用于电工钢表面形成无机绝缘涂层。

[0007] 总的发展趋势是:有机涂层被逐渐淘汰,无机涂层将逐步取代半无机涂层。但是,由于无机涂层本身性质和各方面的条件制约,目前,国际上电工钢制造厂商通常使用较多的仍然是半无机涂层。

发明内容

[0008] 本发明的目的是提供一种节能、环保、工艺性能好、生产成本较低的采用半工艺钢生产电机转子和定子的生产工艺。

[0009] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:它包括以下工序:钢水冶炼、连铸、热轧、冷轧、冲片、退火、分条、冲片及退火,具体包括:铁水预处理→转炉冶炼、且全程吹氩→RH 精练→CSP 连铸→CSP 加热炉→CSP 热连轧→酸洗与冷轧→退火→平整分卷→分条→冲片→退火;转炉冶炼过程中,按质量百分比 $C \leq 0.01$, $P \leq 0.015$, $S \leq 0.012$, $0.4 \leq Si \leq 0.60$, $0.6 \leq Mn \leq 0.8$, $0.15 \leq Al \leq 0.25$, 其余为 Fe 的比例,且按 Si 收复率 95%、Mn 收复率 97%, Al 收复率 35% 进行计量加入硅铁、锰铁和铝合金进行合金化制得 $C \leq 0.01$ 、 $P \leq 0.015$ 、 $S \leq 0.012$ 、 $0.4 \leq Si \leq 0.60$ 、 $0.6 \leq Mn \leq 0.8$ 、 $0.15 \leq Al \leq 0.25$, 其余为 Fe 的半工艺冷轧无取向电工钢;再经 CSP 连铸、CSP 热连轧后,等冷却酸洗后进行冷连轧制作成冷轧板,对冷轧板采用退火炉进行退火处理后,采用平整机组进行 2~10% 的平整延伸后进行拉矫分卷,分卷后的钢卷在分条机上进行分条切割,并按电机转子或定子规格要求切剪出转子或定子冲片,转子或定子冲片的冲床上进行连续冲压后,对转子或定子冲片进行消除应力退火处理后即得成品的转子或定子冲片。在采用 RH 炉真空冶炼时,利用 RH 真空脱气装置将钢水中 C 脱到 60ppm 以下,并使钢水在出 RH 炉时的 S 小于 100ppm;在所述 CSP 连铸过程中,拉速控制在 3.0~4.2m/min 之间。

[0010] 所述 CSP 热连轧过程中,控制加热温度为 1000~1150℃,出炉温度为 980~1120℃,精轧出口温度 920~860℃,卷取温度为 620~660℃。

[0011] 所述 CSP 热连轧过程中设置 5 道次以上轧机,第 1 道轧机 F1 的压下率 $\geq 50\%$,第 1~4 道轧机 F1~F4 的累积压下率 $\geq 90\%$,最后 1 道轧机的压下率 $\leq 20\%$ 。

[0012] 所述酸洗与冷轧工艺包括:热轧并冷却后送往酸洗槽,在酸洗槽采用浓度为 30~150g/L 的盐酸(HCl)进行酸洗,酸洗过程中温度控制在 80~100℃,酸洗运行速率 100~180m/min,酸洗后进行 3 道次以上冷连轧,使冷轧的总压下率大于 75%,其中第 1 道轧机

的压下率 $\geq 35\%$,而最后 1 道轧机的压下率 $\leq 10\%$ 。在冷连轧过程中,可采用窜辊、弯辊、凸辊控制改善板形。

[0013] 所述冷轧板退火工艺包括:在罩式退火炉中进行再结晶退火,退火温度控制在 $650 \sim 750^{\circ}\text{C}$,保温时间控制在 $8 \sim 12$ 小时。所述消除应力退火处理是采用真空充氮连续退火炉,在 N_2 或 $\text{N}_2 + \text{H}_2$ 的保护气氛下,在连续退火炉中 $700 \sim 900^{\circ}\text{C}$ 进行完全退火,再缓冷到约 450°C 时通入水蒸汽进行发蓝处理,使冲片的表面形成一层致密的氧化膜作为绝缘膜,然后叠片制作成转子或定子铁芯。

[0014] 本发明的有益效果是:采用薄板坯连铸连轧工艺生产半工艺冷轧无取向电工钢投资成本比采用传统工艺低 $20 \sim 30\%$ 。产品性能稳定,表面质量、板形质量、尺寸精度高,可达到国家标准及客户要求。产品加工性能好优良。如本发明实验性生产的牌号为 BDGXB-2 (50WB800)、厚度为 0.50mm 半工艺冷轧无取向电工钢,产品电磁性能可以达到 $P1.5/50$ 为 5.12W/kg ,磁感应强度为 1.712T ,与目前半工艺无取向电工钢国家标准对比,铁损低 2.88W/kg ,磁感应强度高 0.012T 。采用本发明方法制造的电机用转子、定子具有良好的电磁性能及工艺性能,与冷轧普通无取向电工钢制作的电机用转子、定子比较具有更低的加工性能、电磁性能、成本、环保优势。综上所述,本发明具有节能、减排、环保等特点,而且工艺性能好、生产成本较低。它可广泛应用于生产电机转子和定子铁芯等工艺生产中。

具体实施方式

[0015] 下面结合实施例对本发明做进一步详细说明。

[0016] 实施例 1,本发明它包括以下工序:钢水冶炼、连铸、热轧、冷轧、冲片、退火、分条、冲片及退火,具体包括:铁水预处理 \rightarrow 转炉冶炼、且全程吹氩 \rightarrow RH 精练 \rightarrow CSP 连铸 \rightarrow CSP 加热炉 \rightarrow CSP 热连轧 \rightarrow 酸洗与冷轧 \rightarrow 退火 \rightarrow 平整分卷 \rightarrow 分条 \rightarrow 冲片 \rightarrow 退火;转炉冶炼过程中,按质量百分比 $\text{C} \leq 0.01$, $\text{P} \leq 0.015$, $\text{S} \leq 0.012$, $0.4 \leq \text{Si} \leq 0.60$, $0.6 \leq \text{Mn} \leq 0.8$, $0.15 \leq \text{Al} \leq 0.25$,其余为 Fe 的比例,且按 Si 收复率 95% 、Mn 收复率 97% ,Al 收复率 35% 进行计量加入硅铁、锰铁和铝合金进行合金化制得 $\text{C} \leq 0.01$ 、 $\text{P} \leq 0.015$ 、 $\text{S} \leq 0.012$ 、 $0.4 \leq \text{Si} \leq 0.60$ 、 $0.6 \leq \text{Mn} \leq 0.8$ 、 $0.15 \leq \text{Al} \leq 0.25$,其余为 Fe 的半工艺冷轧无取向电工钢;再经 CSP 连铸、CSP 热连轧后,等冷却酸洗后进行冷连轧制作成冷轧板,对冷轧板采用退火炉进行退火处理后,采用平整机组进行 $2 \sim 10\%$ 的平整延伸后进行拉矫分卷,分卷后的钢卷在分条机上进行分条切割,并按电机转子或定子规格要求切剪出转子或定子冲片,转子或定子冲片的冲床上进行连续冲压后,对转子或定子冲片进行消除应力退火处理后即得成品的转子或定子冲片。在采用 RH 炉真空冶炼时,利用 RH 真空脱气装置将钢水中 C 脱到 60ppm 以下,并使钢水在出 RH 炉时的 S 小于 100ppm ;在所述 CSP 连铸过程中,拉速控制在 $3.0 \sim 4.2\text{m/min}$ 之间。

[0017] 本发明所述半工艺冷轧无取向电工钢的化学成分控制如下表所示:

[0018] 表 1 成分设计, $W_t\%$

[0019]

牌号	C	P	S	Si	Mn	Al
BDGXB-2	≤ 0.01	≤ 0.015	≤ 0.012	$0.4 \sim 0.60$	$0.60 \sim 0.8$	$0.15 \sim 0.25$

[0020] 本发明所述 CSP 连铸连轧工艺:CSP 连铸工艺的核心是控制钢水从大包一中包一结晶器过程中的增 C 和增 N,采用专门的中包覆盖剂和专用的超低 C 钢结晶器保护渣。铸坯

尺寸为 70×1000 ~ 1275mm,连铸拉速控制在 3.0 ~ 4.2m/min 左右。

[0021] 热轧工艺应采用合理的温度制度和压下制度。为保证电工钢成品得到粗化的晶粒,所述 CSP 热连轧过程中,控制加热温度最好控制在 1000 ~ 1150℃,出炉温度控制在 980 ~ 1120℃,精轧出口温度 920 ~ 860℃,卷取温度为 620 ~ 660℃。

[0022] 所述 CSP 热连轧过程中设置 5 道次以上轧机,优选设置 7 道轧机。第 1 道轧机 F1 的压下率 $\geq 50\%$,第 1~4 道轧机 F1~F4 的累积压下率 $\geq 90\%$,第 7 道轧机 F7 的压下率 $\leq 20\%$ 。

[0023] 热轧压下制度设计应同时解决带钢板形控制和晶粒粗化两方面的问题,故在轧制的前 3 ~ 4 道次将压下率控制在设备允许的最大范围,轧机 F1 压下率 $\geq 50\%$,F1~F4 累积压下率 $\geq 90\%$,F7 道次采用小压下率以调整板形和诱导晶粒粗化,压下率 $\leq 20\%$ 。为使轧后相变形成的细小铁素体晶粒有充足的长大时间,轧后冷却应采取后段冷却模式。

[0024] 所述酸洗与冷轧工艺包括:热轧并冷却后送往酸洗槽,因产品表面氧化铁皮细小致密,且容易产生条纹缺陷,因此应采用盐酸进行酸洗。在酸洗槽采用浓度为 30 ~ 150g/L 的盐酸(HCl)进行酸洗,酸洗过程中温度控制在 80 ~ 100℃,酸洗运行速率 100~180m/min,可确保带钢表面质量控制良好,酸洗后切边,剪边后剪切端面光滑、无毛刺、无缺口。酸洗后进行 3 道次以上冷连轧,使冷轧的总压下率大于 75%,其中第 1 道轧机的压下率 $\geq 35\%$,而最后 1 道轧机的压下率 $\leq 10\%$ 。在冷连轧过程中,可采用窜辊、弯辊、凸辊控制改善板形。

[0025] 所述冷轧板退火及平整分卷工序包括:在罩式退火炉中进行再结晶退火,退火温度控制在 650 ~ 750℃,保温时间控制在 8 ~ 12 小时。退火后的冷轧板在平整机组进行 2 ~ 10%平整延伸,进行拉矫分卷。

[0026] 本发明的分条及冲片工序:对分卷后的钢卷在分条机上进行分卷,剪切为电机转子、定子要求的宽度,在高速冲床上进行连续冲片,冲片速度为 150~500 次/min。

[0027] 所述消除应力退火处理是采用真空充氮连续退火炉,在 N₂ 或 N₂ + H₂ 的保护气氛下,在连续退火炉中 700 ~ 900℃进行完全退火,再缓冷到约 450℃时通入水蒸汽,保持一段时间进行发蓝处理,使冲片的表面形成一层致密的氧化膜作为绝缘膜,然后叠片制作成转子或定子铁芯。

[0028] 实施例 2,本发明的生产工艺包括:先将高炉铁水倒入铁水包内,通过铁水预处理进行吹镁脱硫,氧气顶底复合吹炼转炉,将脱硫后的钢水倒入氧气顶底复合吹炼转炉,同时向转炉内加入占总重量 12%的废钢,在吹炼过程中向转炉炉内加入石灰石、萤石,转炉采用全程底吹氩工艺当钢水成份 [C] $\leq 0.06\%$, [P] $\leq 0.04\%$, [S] $\leq 0.15\%$,钢水终点温度为 1680℃时,定氧出钢,在转炉出钢时加入复合脱氧剂,在转炉出钢过程中全程吹氩,吹氩后测量钢水温度、定氧、取样,根据钢水中氧含量向钢水中喂铝线,将钢水送入真空 RH 精炼炉冶炼使得钢水成份 [C] = 0.004%, [Si] = 0.4%, [Mn] = 0.7%, [P] = 0.015%, [S] = 0.008%, [Al] = 0.15%,出钢温度 1580℃,钢水通过薄板坯连铸机铸成 70mm 厚板坯,连铸机拉速为 3.8m/min,连铸坯入炉温度 $\geq 850\text{℃}$,炉内加热段温度为 1120℃,板坯出炉温度为 1080℃,精轧出口温度为 880℃,卷取温度为 640℃,F1 压下率 53.2%,F2 压下率 50.3%,F7 压下率 15.6%,轧制为厚度为 2.5mm 的热轧板,热轧板温度低于 60℃以后经浓度为 50 ~ 120g/L 盐酸酸洗,酸槽温度为 85℃,酸洗时间为 95 秒,清除钢卷表面的杂质及氧化铁皮,将酸洗后钢卷经冷轧连轧机组轧制为 0.52mm 厚钢卷,冷轧后经过 700℃退火 12 小时,退火后冷轧卷经 5%延伸率平整处理,拉矫分卷,对分卷后的钢卷在分条机上分成宽度为 25 ~ 120mm 的

条料,在高速冲床上连续冲片,冲片速度为 180 次 /min,生产出电机用转子、定子散片,把这些转子、定子放入连续退火炉中,在 N_2 或 $N_2 + H_2$ 的保护气氛下,在退火炉中 $780^\circ C$ 进行完全退火,再缓冷到约 $450^\circ C$ 时通入水蒸汽,保持一段时间进行发蓝处理,使冲片的表面形成一层致密的氧化膜作为绝缘膜,然后叠片制作成电机用转子、定子。其余同实施例 1。

[0029] 采用本工艺方法生产的半工艺冷轧无取向电工钢转子、定子,其铁损小于 $5.12W/kg$,磁感应强度大于 $1.72T$,用户可以根据需用直接采购用于电机制造,由于没有涂层,具有良好的环保性及成本优势。

[0030] 实施例 3,将高炉铁水倒入铁水包内,通过铁水预处理进行吹镁脱硫,氧气顶底复合吹炼转炉,将脱硫后的钢水倒入氧气顶底复合吹炼转炉,同时向转炉内加入占总重量 12% 的废钢,在吹炼过程中向转炉炉内加入石灰石、萤石,转炉采用全程底吹氩工艺当钢水成份 $[C] \leq 0.06\%$, $[P] \leq 0.04\%$, $[S] \leq 0.15\%$,钢水终点温度为 $1680^\circ C$ 时,定氧出钢,在转炉出钢时加入复合脱氧剂,在转炉出钢过程中全程吹氩,吹氩后测量钢水温度、定氧、取样,根据钢水中氧含量向钢水中喂铝线,将钢水送入真空 RH 精炼炉冶炼使得钢水成份 $[C] = 0.004\%$, $[Si] = 0.45\%$, $[Mn] = 0.75\%$, $[P] = 0.015\%$, $[S] = 0.008\%$, $[Al] = 0.14\%$,出钢温度 $1590^\circ C$,钢水通过薄板坯连铸机铸成 70mm 厚板坯,连铸机拉速为 $3.8m/min$,连铸坯入炉温度 $\geq 850^\circ C$,炉内加热段温度为 $1120^\circ C$,板坯出炉温度为 $1080^\circ C$,精轧出口温度为 $880^\circ C$,卷取温度为 $640^\circ C$,F1 压下率 54.1%,F2 压下率 51.2%,F7 压下率 14.7%,轧制为厚度为 2.5mm 的热轧板,热轧板温度低于 $60^\circ C$ 以后经浓度为 $50 \sim 120g/L$ 盐酸酸洗,酸槽温度为 $85^\circ C$,酸洗时间为 95 秒,清除钢卷表面的杂质及氧化铁皮,将酸洗后钢卷经冷轧连轧机组轧制为 0.52mm 厚钢卷,冷轧后经过 $700^\circ C$ 退火 12 小时,退火后冷轧卷经 8% 延伸率平整处理,拉矫分卷,对分卷后的钢卷在分条机上分成宽度为 $25 \sim 120mm$ 的条料,在高速冲床上连续冲片,冲片速度为 200 次 /min,生产出电机用转子、定子散片,把这些转子、定子放入连续退火炉中,在 N_2 或 $N_2 + H_2$ 的保护气氛下,在退火炉中 $780^\circ C$ 进行完全退火,再缓冷到约 $450^\circ C$ 时通入水蒸汽,保持一段时间进行发蓝处理,使冲片的表面形成一层致密的氧化膜作为绝缘膜,然后叠片制作成电机用转子、定子。其余同上述实施例。

[0031] 采用本工艺方法生产的半工艺冷轧无取向电工钢转子、定子,其铁损小于 $5.08W/kg$,磁感应强度大于 $1.72T$,用户可以根据需用直接采购用于电机制造,由于没有涂层,具有良好的环保性及成本优势。