



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109868349 B

(45)授权公告日 2020.02.11

(21)申请号 201910271549.7

G21D 3/04(2006.01)

(22)申请日 2019.04.04

G21D 8/02(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

G23G 1/08(2006.01)

申请公布号 CN 109868349 A

G22C 38/06(2006.01)

G22C 38/04(2006.01)

(43)申请公布日 2019.06.11

G22C 38/02(2006.01)

(73)专利权人 中山市中圣金属板带科技有限公司

地址 528400 广东省中山市民众镇沙仔村
毅成路1号

专利权人 华南理工大学
佛山职业技术学院

(72)发明人 陆正谊 周峰 李烈军

(74)专利代理机构 广州海心联合专利代理事务
所(普通合伙) 44295

代理人 黄为 马赟斋

(56)对比文件

CN 103451400 A,2013.12.18,说明书第3-8
段.

CN 103436796 A,2013.12.11,全文.

CN 106048389 A,2016.10.26,全文.

CN 106435358 A,2017.02.22,全文.

CN 106435134 A,2017.02.22,全文.

WO 2009/091216 A2,2009.07.23,说明书摘
要.

CN 106048390 A,2016.10.26,说明书第17-
49段.

审查员 陈博勋

(51)Int.Cl.

G21D 1/76(2006.01)

G21D 1/26(2006.01)

权利要求书1页 说明书5页

(54)发明名称

一种采用超快冷工艺生产全工艺冷轧无取向
电工钢35WD1900的方法

(57)摘要

本发明公开了一种采用超快冷工艺生产全
工艺冷轧无取向电工钢35WD1900的方法,包括冶
炼、钢板连铸成连铸坯、加热炉加热、热轧、酸洗、
冷轧、脱碳退火和涂层的步骤,所述热轧步骤中,
将精轧出口温度采用超快速冷却的方法冷却至
终止温度,即冷却速率为80~120℃/s。本发明的
采用超快冷工艺生产全工艺冷轧无取向电工钢
35WD1900的方法,在热轧、冷轧过程更加容易控
制,生产更加稳定、板形更加可控;产品铁损
 $P_{15/50} \leq 2.35W/kg$, $P_{10/400} \leq 16.5W/kg$,最小磁极
化强度 $J_{5000} \geq 1.67T$,性能达到新能源汽车驱动
电机用高强度无取向电工钢的要求。

1. 一种采用超快冷工艺生产全工艺冷轧无取向电工钢35WD1900的方法,包括冶炼、钢板连铸成连铸坯、加热炉加热、热轧、酸洗、冷轧、脱碳退火和涂层的步骤,其特征在于:所述热轧步骤中,轧机F1压下率 $\geq 50\%$,F1~F4累积压下率 $\geq 90\%$,F7道次压下率 $\leq 15\%$,且以冷却速率 $80\sim 120^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 超快速冷却至热轧终止温度 $680\sim 720^{\circ}\text{C}$,再进行层流冷却至 $450\sim 550^{\circ}\text{C}$ 卷取温度;所述冶炼所得的钢水含有以下重量百分比化学元素:C为 $\leq 0.005\%$,Si为 $2.0\sim 2.5\%$,Mn为 $0.2\sim 0.4\%$,P为 $0.08\sim 0.12\%$,S $\leq 0.008\%$,Al为 $0.3\sim 0.5\%$,B为 $0.004\sim 0.006\%$,其余为Fe及不可避免的杂质。

2. 根据权利要求1所述的采用超快冷工艺生产全工艺冷轧无取向电工钢35WD1900的方法,其特征在于:所述热轧步骤中,精轧出口温度为 $860\sim 920^{\circ}\text{C}$ 。

3. 根据权利要求1所述的采用超快冷工艺生产全工艺冷轧无取向电工钢35WD1900的方法,其特征在于:热轧后的板坯厚度为 $1.6\sim 2.0\text{mm}$ 。

4. 根据权利要求1所述的采用超快冷工艺生产全工艺冷轧无取向电工钢35WD1900的方法,其特征在于:所述加热炉加热步骤中,加热温度为 $1000\sim 1150^{\circ}\text{C}$,出炉温度为 $980\sim 1120^{\circ}\text{C}$ 。

5. 根据权利要求1所述的采用超快冷工艺生产全工艺冷轧无取向电工钢35WD1900的方法,其特征在于:所述钢板连铸成连铸坯步骤中,铸坯尺寸为 $55\sim 70\times 1000\sim 1275\text{mm}$,连铸拉速控制在 $3.0\sim 4.5\text{m}/\text{min}$ 。

6. 根据权利要求1所述的采用超快冷工艺生产全工艺冷轧无取向电工钢35WD1900的方法,其特征在于:所述冷轧步骤中,轧制时总压下率大于 75% ,前3道次压下率 $\geq 25\%$,最后一机架压下率 $\leq 5\%$ 。

7. 根据权利要求1所述的采用超快冷工艺生产全工艺冷轧无取向电工钢35WD1900的方法,其特征在于:所述脱碳退火步骤中,采用 N_2 作为保护气体,炉温为 $900\sim 950^{\circ}\text{C}$;采用 $85\sim 90\%\text{N}_2+15\sim 10\%\text{H}_2+0.1\sim 0.5\%\text{H}_2\text{O}$ 作为脱碳退火气氛。

8. 一种权利要求1所述的方法生产得到的冷轧无取向电工钢35WD1900,其特征在于:包括以下化学元素成分及重量百分比:C为 $\leq 0.005\%$,Si为 $2.0\sim 2.5\%$,Mn为 $0.2\sim 0.4\%$,P为 $0.08\sim 0.12\%$,S $\leq 0.008\%$,Al为 $0.3\sim 0.5\%$,B为 $0.004\sim 0.006\%$,其余为Fe及不可避免的杂质。

一种采用超快冷工艺生产全工艺冷轧无取向电工钢35WD1900的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种生产冷轧无取向电工钢35WD1900的方法,更具体地说,涉及一种采用超快冷工艺生产全工艺冷轧无取向电工钢35WD1900的方法。

背景技术

[0002] 2018年,我国新能源汽车产销分别完成127万辆和125.6万辆,比上年同期分别增长59.9%和61.7%,是美国新能源汽车产销量的两倍多。为推进城市绿色化建设,响应绿色环保号召,全国多地区逐步实行新能源汽车的推广工作。如:海南省2018年4月宣布除了已计划逐步禁售燃油汽车外,还考虑在2030年前禁止燃油汽车上路行驶。因此新能源汽车是汽车未来发展的必然趋势,市场潜力巨大。新能源汽车包括混合动力汽车(HEV)和电动汽车(EV),而这两种汽车都需要将电池的电能通过驱动电机转换为汽车行驶的动能。驱动电机系统是新能源车三大核心部件之一。电机驱动控制系统是新能源汽车车辆行驶中的主要执行结构,其驱动特性决定了汽车行驶的主要性能指标,它是电动汽车的重要部件。因此,驱动电机将和现在广泛使用的燃油发动机一样重要。无取向电工钢作为驱动电机的关键材料,其性能又影响了驱动电机的驱动特性和服役表现。

[0003] 驱动电机的功率(转矩)、效率和寿命都与所用的无取向电工钢片有很大关系,尤其是电机转子所用的无取向电工钢片,磁性能决定了电机的转矩和效率;如电工钢片铁损越低而电机效率越高,而磁感增大导致电机转矩增加;同时力学性能决定了定子和转子的加工精度、服役承载强度和最大转速。因此新能源汽车的驱动电机对所采用的电工钢片有如下要求:(1)为了良好的驾驶体验,电机需要提供高扭矩用于启动,要提高扭矩必须提高驱动电流和所用电工钢的磁感;(2)要提高能源转换效率,在最经常使用的驾驶模式下电机效率一般在85%~93%,要求电机所用电工钢片具有优秀的磁性能,即中低磁场下的高磁感和高频下的低铁损;(3)高行车速度需要电机转子高速运转(6000~15000r/min),要求所使用的电工钢片具有足够高的强度抵抗离心力;这就要求使用高强度电工钢;特别是对于永磁驱动电机,磁极镶嵌于转子之中,因此保证转子的强度至关重要;(4)缩小转子和定子之间的间隙可有效提高磁通密度,这要求电工钢薄片具有良好的冲片性;(5)在汽车使用周期内,处于服役期的高速旋转的电工钢片不能发生疲劳破坏,即高的疲劳寿命。

[0004] 目前我国现有的工艺生产的新能源汽车的无取向电工钢35WD1900存在电磁性能较差、耐腐蚀性能较差、生产成本低、质量不稳定等缺点。因此,生产出高质量的无取向电工钢来满足我国日益发展的新能源汽车的需要是至关重要的。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种采用超快冷工艺生产全工艺冷轧无取向电工钢35WD1900的方法,该方法生产的全工艺冷轧无取向电工钢性能达到新能源汽车驱动电机用高强度无取向电工钢的要求。

[0006] 本发明的目的通过以下技术方案来实现：

[0007] 一种采用超快冷工艺生产全工艺冷轧无取向电工钢35WD1900的方法，包括冶炼、钢板连铸成连铸坯、加热炉加热、热轧、酸洗、冷轧、脱碳退火和涂层的步骤，所述热轧步骤中，将精轧出口温度采用超快速冷却的方法冷却至终止温度，即冷却速率为80~120℃/s。

[0008] 进一步地，所述热轧步骤中，精轧出口温度为860~920℃，热轧的终止温度为680~720℃，卷曲温度为450~550℃。

[0009] 进一步地，所述热轧步骤中，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 $\leq 15\%$ 。

[0010] 进一步地，热轧后的板坯厚度为1.6~2.0mm。

[0011] 进一步地，所述加热炉加热步骤中，加热温度为1000~1150℃，出炉温度为980~1120℃。

[0012] 进一步地，所述钢板连铸成连铸坯步骤中，铸坯尺寸为55~70×1000~1275mm，连铸拉速控制在3.0~4.5m/min。

[0013] 进一步地，所述冷轧步骤中，轧制时总压下率大于75%，前3道次压下率 $\geq 25\%$ ，最后一机架压下率 $\leq 5\%$ ，同时采用窜辊、弯辊、凸辊控制改善板形，冷轧厚度为0.35mm。

[0014] 进一步地，所述脱碳退火步骤中，采用N₂作为保护气体，炉温为900~950℃；采用85~90%N₂+10~15%H₂+0.1~0.5%H₂O作为脱碳退火气氛。

[0015] 进一步地，所述酸洗步骤中，采用盐酸酸洗，盐酸的浓度为60~150g/L，酸洗槽温度为70~90℃，酸洗运行速率150~200m/min，确保带钢表面质量控制良好。

[0016] 另外，本发明还提供一种由上述方法生产得到的全工艺冷轧无取向电工钢35WD1900。

[0017] 进一步地，所述全工艺冷轧无取向电工钢35WD1900包括以下化学元素成分及重量百分比：C为 $\leq 0.005\%$ ，Si为2.0~2.5%，Mn为0.2~0.4%，P为0.08~0.12%，S $\leq 0.008\%$ ，Al为0.3~0.5%，B为0.004~0.006%，其余为Fe及不可避免的杂质。

[0018] 与现有技术相比，本发明具有的有益效果为：

[0019] 1. 本发明的采用超快冷工艺生产全工艺冷轧无取向电工钢35WD1900的方法，在热轧、冷轧过程更加容易控制，生产更加稳定、板形更加可控。

[0020] 2. 本发明的采用超快冷工艺生产全工艺冷轧无取向电工钢35WD1900的方法，在热轧步骤中，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，压下率 $\leq 15\%$ ，以调整板形和诱导晶粒粗化。因此，热轧压下率的设置同时解决了带钢板形控制和晶粒粗化两方面的问题。

[0021] 3. 本发明的采用超快冷工艺生产全工艺冷轧无取向电工钢35WD1900的方法，在热轧步骤中，为使轧后相变形成的细小铁素体晶粒细化，采用二段冷却方法，前段采用超快速冷却，冷却速率80~120℃/s，冷却到680~720℃，再进行层流冷却缓慢冷却至450~550℃卷取温度，形成了容易破碎的氧化铁皮，酸洗过程效率更高。

[0022] 4. 采用本发明的超快冷工艺生产方法得到的全工艺冷轧无取向电工钢35WD1900，在南方潮湿的天气下，其耐生锈能力显著提高。在采用T3涂层条件下，在湿度为80%，温度为25℃情况下，其表面没有产生锈蚀时间可达180天，比传统产品提高50%。

[0023] 5. 采用本发明的超快冷工艺生产方法得到的全工艺冷轧无取向电工钢35WD1900，

性能达到新能源汽车驱动电机用高强度无取向电工钢的要求。产品铁损 $P_{15/50} \leq 2.35\text{W/kg}$, $P_{10/400} \leq 16.5\text{W/kg}$, 最小磁极化强度 $J_{5000} \geq 1.67\text{T}$, 与目前电动汽车驱动用冷轧无取向电工钢国家标准GB/T34215-2017普通型35WD1900对比, 铁损低 2.5W/kg , 磁感应强度高 0.02T , 其电磁性能满足国标要求, 屈服强度 $\geq 390\text{MPa}$, 抗拉强度 $\geq 490\text{MPa}$, 伸长率 $\geq 16\%$, 弯曲次数 ≥ 5 次, 层间电阻 $\geq 2100 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{片}$, 满足国家标准及高质量要求, 焊接性能良好。

具体实施方式

[0024] 实施例1

[0025] 将高炉铁水倒入铁水包内, 通过铁水预处理进行吹镁脱硫, 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 $[C] \leq 0.06\%$, $[S] \leq 0.001\%$, 钢水终点温度为 1680°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为 $[C] = 0.005\%$, $[Si] = 2.0\%$, $[Mn] = 0.40\%$, $[P] = 0.12\%$, $[S] = 0.003\%$, $[Al] = 0.49\%$, $[B] = 0.005\%$, 其余为Fe和不可避免的杂质。出钢温度为 1580°C , 钢水通过薄板坯连铸机铸成70mm厚的板坯, 连铸机拉速为 3.0m/min , 连铸坯入炉温度 865°C , 炉内加热段温度为 1150°C , 板坯出炉温度为 1080°C , 精轧出口温度为 920°C , 超快冷终止温度为 680°C , 卷取温度为 550°C , F1压下率 51.2% , F2压下率 50.4% , F1~F4累积压下率为 90.2% , F7压下率 8.6% , 轧制成厚度为 2.0mm 的热轧板。热轧板温度低于 60°C 以后经浓度为 105g/L 盐酸酸洗, 酸槽温度为 70°C , 酸洗时间为125秒, 清除钢卷表面的杂质及氧化铁皮。将酸洗后钢卷通过20辊森吉米尔轧机轧制, 轧制时总压下率 82.5% , 1道次前道次大压下率 33.1% , 2道次前道次大压下率 30.5% , 最后1道次压下率 3.4% 。同时采用窜辊、弯辊、凸辊控制改善板形, 冷轧厚度为 0.350mm 。

[0026] 通过脱脂清洗的钢卷进入连续脱碳退火炉, 炉温设定为 950°C , 脱碳退火段采用电阻加热保持温度均匀, 采用 $85\%N_2+15\%H_2+$ 少量 H_2O 作为脱碳退火气氛。完成对带钢脱碳退火、晶粒长大、提高电磁性能及消除应力的工艺处理。热处理之后的钢带由水淬冷却装置出来之后, 经水喷淋冷却器调整板温, 挤干辊挤压表面残余水份, 热风干燥器烘干后带钢进入涂层机, 烧结炉, 然后进行卷取。

[0027] 此方法生产的全工艺冷轧无取向电工钢35WD1900, 产品铁损 $P_{15/50}$ 为 2.25W/kg , $P_{10/400}$ 为 16.0W/kg , 最小磁极化强度 J_{5000} 为 1.68T , 与目前电动汽车驱动用冷轧无取向电工钢国家标准GB/T34215-2017普通型35WD1900对比, 铁损低 3.5W/kg , 磁感应强度高 0.03T , 其电磁性能优于国标要求, 屈服强度 405MPa , 抗拉强度 505MPa , 伸长率为 17% , 弯曲次数6次, 层间电阻 $\geq 2330 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{片}$, 焊接性能良好, 满足国家标准及高质量要求。

[0028] 实施例2

[0029] 将高炉铁水倒入铁水包内, 通过铁水预处理进行吹镁脱硫, 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 $[C] \leq 0.06\%$, $[S] \leq 0.001\%$, 钢水终点温度为 1680°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 $[C]=0.003\%$ ， $[Si]=2.48\%$ ， $[Mn]=0.25\%$ ， $[P]=0.08\%$ ， $[S]=0.002\%$ ， $[Al]=0.3\%$ ， $[B]=0.005\%$ ，其余为Fe和不可避免的杂质。出钢温度 1575°C ，钢水通过薄板坯连铸机铸成70mm厚的板坯，连铸机拉速为4.5m/min，连铸坯入炉温度为 860°C ，炉内加热段温度为 1150°C ，板坯出炉温度为 1100°C ，精轧出口温度为 860°C ，超快冷终止温度为 680°C ，卷取温度为 450°C ，F1压下率51.2%，F2压下率50.3%，F1~F4累积压下率为91.6%，F7压下率10.6%，轧制为厚度为1.6mm的热轧板。热轧板温度降低到 20°C ，经浓度为90g/L盐酸酸洗，酸槽温度为 80°C ，酸洗时间为115秒，清除钢卷表面的杂质及氧化铁皮。将酸洗后钢卷通过20辊森吉米尔轧机轧制，轧制时总压下率78.1%，1道次前道次大压下率32.2%，2道次前道次大压下率29.5%，最后1道次压下率2.6%。同时采用窜辊、弯辊、凸辊控制改善板形，冷轧厚度为0.348mm。

[0030] 通过脱脂清洗的钢卷进入连续脱碳退火炉，炉温设定为 900°C ，脱碳退火段采用电阻加热保持温度均匀，采用88% N_2 +12% H_2 +少量 H_2O 作为脱碳退火气氛。完成对带钢脱碳退火、晶粒长大、提高电磁性能及消除应力的工艺处理。热处理之后的钢带由水淬冷却装置出来之后，经水喷淋冷却器调整板温，挤干辊挤压表面残余水份，热风干燥器烘干后带钢进入涂层机，烧结炉，然后进行卷取。

[0031] 此方法生产的全工艺冷轧无取向电工钢35WD1900，产品铁损 $P_{15/50}$ 为2.25W/kg， $P_{10/400}$ 为15.5W/kg，最小磁极化强度 J_{5000} 为1.67T，与目前电动汽车驱动用冷轧无取向电工钢国家标准GB/T34215-2017普通型35WD1900对比，铁损低3.5W/kg，磁感应强度高0.02T，其电磁性能优于国标要求，屈服强度415MPa，抗拉强度515MPa，伸长率为18%，弯曲次数6次，层间电阻 $\geq 2205 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{片}$ ，焊接性能良好，满足国家标准及高质量要求。

[0032] 实施例3

[0033] 将高炉铁水倒入铁水包内，通过铁水预处理进行吹镁脱硫，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 $[C]\leq 0.06\%$ ， $[S]\leq 0.001\%$ ，钢水终点温度为 1680°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 $[C]=0.003\%$ ， $[Si]=2.48\%$ ， $[Mn]=0.25\%$ ， $[P]=0.09\%$ ， $[S]=0.002\%$ ， $[Al]=0.4\%$ ， $[B]=0.005\%$ ，其余为Fe和不可避免的杂质。出钢温度 1575°C ，钢水通过薄板坯连铸机铸成70mm厚的板坯，连铸机拉速为4.5m/min，连铸坯入炉温度为 860°C ，炉内加热段温度为 1150°C ，板坯出炉温度为 1100°C ，精轧出口温度为 920°C ，超快冷终止温度为 720°C ，卷取温度为 450°C ，F1压下率51.2%，F2压下率50.3%，F1~F4累积压下率为91.6%，F7压下率10.6%，轧制为厚度为1.6mm的热轧板。热轧板温度降到 20°C ，经浓度为90g/L盐酸酸洗，酸槽温度为 80°C ，酸洗时间为115秒，清除钢卷表面的杂质及氧化铁皮。将酸洗后钢卷通过20辊森吉米尔轧机轧制，轧制时总压下率78.1%，1道次前道次大压下率32.2%，2道次前道次大压下率29.5%，最后1道次压下率2.6%。同时采用窜辊、弯辊、凸辊控制改善板形，冷轧厚度为0.348mm。

[0034] 通过脱脂清洗的钢卷进入连续脱碳退火炉，炉温设定为 950°C ，脱碳退火段采用电阻加热保持温度均匀，采用90% N_2 +10% H_2 +少量 H_2O 作为脱碳退火气氛。完成对带钢脱碳退火、晶粒长大、提高电磁性能及消除应力的工艺处理。热处理之后的钢带由水淬冷却装置出

来之后,经水喷淋冷却器调整板温,挤干辊挤压表面残余水份,热风干燥器烘干后带钢进入涂层机,烧结炉,然后进行卷取。

[0035] 此方法生产的全工艺冷轧无取向电工钢35WD1900,产品铁损 $P_{15/50}$ 为2.20W/kg, $P_{10/400}$ 为15.5W/kg,最小磁极化强度 J_{5000} 为1.67T,与目前电动汽车驱动用冷轧无取向电工钢国家标准GB/T34215-2017普通型35WD1900对比,铁损低3.5W/kg,磁感应强度高0.02T,其电磁性能优于国标要求,屈服强度415MPa,抗拉强度505MPa,伸长率为19%,弯曲次数7次,层间电阻 $\geq 2315 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{片}$,焊接性能良好,满足国家标准及高质量要求。

[0036] 以上实施例为本发明的部分实施方式,并不限制于本发明。对本领域技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下做出的若干改进和变型,也应视为本发明的保护范围。