



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111793770 A

(43) 申请公布日 2020.10.20

(21) 申请号 202010454380.1

(22) 申请日 2020.05.26

(71) 申请人 国网辽宁省电力有限公司沈阳供电公司

地址 110000 辽宁省沈阳市和平区八经街94号

申请人 全球能源互联网研究院有限公司
沈阳沃瑞德复合技术有限公司
辽宁中德电缆有限公司
国家电网有限公司

(72) 发明人 杨长龙 许超 孙建锋 祝志祥
段昊 张宏宇 杨祖民 刘东延
金鹏 李小兰 陈保安 张强
周杨 丁一 付颖 周鑫 郑洋
陈云 赵苑竹 徐玉林 郝文魁

(74) 专利代理机构 沈阳维特专利商标事务所
(普通合伙) 21229

代理人 李丹

(51) Int.Cl.

G22C 38/02 (2006.01)

G22C 38/04 (2006.01)

G22C 38/18 (2006.01)

G22C 38/20 (2006.01)

G23C 2/02 (2006.01)

G23C 2/06 (2006.01)

G23C 2/38 (2006.01)

H01B 5/08 (2006.01)

H01B 13/00 (2006.01)

H01B 13/02 (2006.01)

权利要求书2页 说明书8页

(54) 发明名称

架空导线用预应力钢芯及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种架空导线用预应力钢芯及其制备方法,其中,所述架空导线用预应力钢芯,按重量百分比计,包含以下组分:C:0.82wt%,Si:0.20wt%,P:0.005wt%,S:0.003wt%,Cu:0.05wt%,Mn:0.45wt%,Cr:0.15wt%,Er:0.08wt%,余量为Fe和不可避免的其他杂质。该架空导线用预应力钢芯,利用Cr、Mn、Er微量合金化元素优化控制合金成分及其微观组织,同时优化钢芯预应力处理时的工艺参数,保证了制得的镀锌铝合金层预应力钢芯具有良好的力学综合性能和耐腐蚀性能。

1. 架空导线用预应力钢芯,其特征在于:按重量百分比计,包括如下组分:

C:0.05~1.00wt%,Si:0.05~0.20wt%, $P\leq 0.01\text{wt}\%$, $S\leq 0.01\text{wt}\%$, $\text{Cu}\leq 0.2\text{wt}\%$, $\text{Mn}:0.001\sim 1.00\text{wt}\%$, $\text{Cr}:0.001\sim 1.00\text{wt}\%$, $\text{Er}:0.001\sim 1.00\text{wt}\%$,余量为Fe和不可避免的其他杂质。

2. 按照权利要求1所述架空导线用预应力钢芯,其特征在于:按重量百分比计,包括如下组分:

C:0.07~0.90wt%,Si:0.05~0.15wt%, $P\leq 0.005\text{wt}\%$, $S\leq 0.005\text{wt}\%$, $\text{Cu}\leq 0.1\text{wt}\%$, $\text{Mn}:0.10\sim 1.00\text{wt}\%$, $\text{Cr}:0.01\sim 1.00\text{wt}\%$, $\text{Er}:0.01\sim 1.0\text{wt}\%$,余量为Fe和不可避免的其他杂质。

3. 按照权利要求1所述架空导线用预应力钢芯,其特征在于:按重量百分比计,包括如下组分:

C:0.83wt%,Si:0.12wt%, $P:0.003\text{wt}\%$, $S:0.001\text{wt}\%$, $\text{Cu}:0.03\text{wt}\%$, $\text{Mn}:0.65\text{wt}\%$, $\text{Cr}:0.25\text{wt}\%$, $\text{Er}:0.05\text{wt}\%$,余量为Fe和不可避免的其他杂质。

4. 权利要求1至3中任一项所述的架空导线用预应力钢芯的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

(1) 原料准备及熔炼

将原料经100~150℃干燥处理,干燥时间1.0~2.0h;原料干燥后在真空熔炼炉中进行熔炼,熔炼时待铁熔化后再加入其它合金元素,将其全部熔化并搅拌均匀,其中,真空熔炼温度1100~1300℃,真空度 $\leq 10^{-1}\text{Pa}$;

(2) 电渣精炼、重熔

将步骤(1)获得的熔化物在1100℃~1250℃下精炼1.0~3.0h,浇注成电渣锭;之后,将电渣锭进行电渣重熔,经装炉、引弧造渣、冶炼、补缩、冷却得钢坯锭;

(3) 高温煅烧、热轧

将钢坯锭在1100~1200℃下保温1.0~2.0h后进行高温煅烧,再热轧成型,制得盘条,其中,开轧温度控制在1100~1150℃,轧件进精轧机温度控制在850~950℃,线材吐丝温度控制在750~850℃,线材冷却速度控制在5~20℃/s,冷却至500~550℃,并保持30~60s后空冷至室温;

(4) 拉拔处理

将步骤(3)制成的盘条经酸洗去锈及磷化处理,以2.5~4m/s的速率、10~20%的变形量,用拉丝机将盘条进行多道次拉拔加工,拉拔温度控制在30~50℃,制得钢丝;

(5) 热镀锌铝合金镀层

利用超声波清洗槽对步骤(4)拉拔制成的钢丝表面进行脱脂清洗;将钢丝以10~20m/min的速度浸入助镀剂溶液中,助镀温度为50~100℃,助镀时间为20~40s,之后,将钢丝表面残留的助镀剂烘干,烘干温度为80~100℃,烘干时间10~20s;烘干后立即浸入盛有锌铝合金镀液的陶瓷镀锅中浸镀,利用多金属快速同步变形,使得钢丝表面生成镀锌铝合金层,控制浸镀时间保证镀锌铝合金层质量不小于305g/m²;

(6) 捻股

取7股步骤(5)制得的镀锌铝合金层钢丝用无水乙醇洗涤3~5次,待自然晾干后,再将7股洗涤后的钢丝置于绞线机中,绞合成7股钢丝组成的钢芯,绞合力大小为55~65MPa;

(7) 预应力处理

将步骤(6)得到的镀锌铝合金层钢芯在180~220℃、5~8kN的张力作用下进行预应力处理,速度为20~30m/min;

(8) 收线、成品

将预应力处理后的镀锌铝合金层钢芯冷却至室温后采用收线机收线,得到产品。

5. 按照权利要求4所述的架空导线用预应力钢芯的制备方法,其特征在于:步骤(3)中,制得的盘条的直径为11.0mm。

6. 按照权利要求4所述的架空导线用预应力钢芯的制备方法,其特征在于:步骤(4)中,制得的钢丝的直径为3.08mm。

7. 按照权利要求4所述的架空导线用预应力钢芯的制备方法,其特征在于:步骤(5)中,助镀剂溶液包括以下组分:ZnCl₂:50~75重量份、KOH:5~15重量份、NH₄Cl:5~15重量份、金属氧化物:5~15重量份。

8. 按照权利要求7所述的架空导线用预应力钢芯的制备方法,其特征在于:所述金属氧化物是由ZnO和Al₂O₃组合而成,ZnO与Al₂O₃的重量百分比为1:1~3:1。

9. 按照权利要求4所述的架空导线用预应力钢芯的制备方法,其特征在于:步骤(6)中,捻股所采用的管绞机的牵引轮直径为1.6m;钢芯捻距为154mm,捻向为左。

10. 按照权利要求4所述的架空导线用预应力钢芯的制备方法,其特征在于:步骤(8)中,将步骤(7)中预应力处理后的镀锌铝合金层钢芯通过风冷和水冷的方式冷却。

架空导线用预应力钢芯及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及架空导线用芯线材料领域,特别提供了一种架空导线用预应力钢芯及其制备方法。

背景技术

[0002] 为满足用户的电力负荷需求,电网企业不断加大送电线路的新建和改造力度,力求保证电能安全可靠供应。但随着我国城市化建设的高速发展,土地资源越来越紧张,架空输电线路走廊的选择受到较大的制约。部分地区由于用电负荷的快速增长,原有输电线路已不堪承受用电负荷增长的需求,由于过负荷造成的停电、断电故障时有发生,对电网的安全运行有很大影响。我国东部沿海一些地区,由于经济发达、人口密集、土地资源宝贵,送电线路通道的负荷越来越重,重新规划建设新的线路走廊较难实现。因此,利用原有输电线路走廊及其杆塔进行增容改造成为目前居民密集区线路增容的理想方案之一。现有的钢芯铝绞线采用硬铝导体材料,耐热性差,载流量低,对于远距离输电、城网及农网改造工程而言,为扩大输电系统,采用现有的钢芯铝绞线必须增大导线截面,需要更换全部杆塔,重新建造,这对位于居民密集区的线路来说很难实现。因此,以更换相同截面积增容导线的方式来加大传输容量成为有效的技术之一,新型增容导线的研制及其在输电线路上的应用技术研究越来越受到关注。

[0003] 为了提高输电线路的输送能力,在上世纪70年代美国和加拿大首先开发出了钢芯软铝绞线。钢芯软铝绞线是一种以软态铝单线绞合作为导体、以特高强度钢芯作为加强芯的增容导线。钢芯软铝绞线的主要特点是由钢芯全部承担导线的机械荷载,铝线股对导线的主要贡献是承载电流而不承受机械荷载,因此导线运行的工作温度不会由于铝线股的软化特性而受到限制,完全由钢的软化特性所决定,而钢的再结晶温度较高,可以在较高的温度下保持正常的机械强度,因此导线的允许工作温度较普通钢芯铝绞线高。目前承担导线机械荷载的钢芯一般采用特高强度镀锌钢线。但镀锌钢线的耐腐蚀性较差,已越来越难以满足苛刻腐蚀环境的服役要求。架空导线用预应力钢芯是采用预应力处理技术制得的低松弛、高强度的预应力钢绞线。与传统钢芯相比,它具有强度高、抗松弛性能好、结构刚度大、稳定性好等优点。架空导线用预应力钢芯在受力阶段的应力-应变曲线保持近似线性关系,即具有低的应力松弛特性,应力松弛率小,从而使利用其作为加强芯的导线具有优异的低弧垂特性。利用架空导线用预应力钢芯与软铝线绞制成架空导线用预应力钢芯软铝导线,在导线运行工作温度下,当导线受到张力作用后,在最大拉断力范围内,软铝线处于永久伸长状态,基本不受力,机械荷载可视为全部由架空导线用预应力钢芯承担,因此架空导线用预应力钢芯的低松弛特性使架空导线用预应力钢芯软铝导线在高温运行时仍具有低弧垂特点,且架空导线用预应力钢芯的耐温等级即为导线的耐温等级,架空导线用预应力钢芯软铝导线允许长期运行温度可以达到150℃以上,普通钢芯铝绞线导线允许长期运行温度一般为70~90℃以下,因此架空导线用预应力钢芯软铝导线具有良好的增容导线效果。上海电缆研究所有限公司于2008年国内外首次将预应力处理技术应用到钢芯软铝导线制备

中,率先提出了架空导线用预应力钢芯软铝增容导线的制造技术,其中架空导线用预应力钢芯为预应力镀锌钢芯,其抗拉强度处于1720~1860MPa水平。因此,为进一步提高架空导线用预应力钢芯的抗拉强度,使架空导线用预应力钢芯软铝导线具有优良的低弧垂特性,同时提升架空导线用预应力钢芯的耐腐蚀性能,提升导线的安全水平及其技术经济性,亟待研制更高强度、更低松弛特性、更高耐腐蚀性能的架空导线用预应力钢芯,以满足高性能架空导线用预应力钢芯软铝增容导线的研发及应用需求。

发明内容

[0004] 鉴于此,本发明的目的在于提供一种电力行业架空导线用抗拉强度高、伸长率好、应力松弛率低的预应力钢芯,解决钢芯抗拉强度、伸长率、应力松弛率等关键性能指标难以协同提高的技术问题。采用加入Cr、Mn、Er微量合金化元素优化控制合金成分及其微观组织,以及优化预应力处理工艺参数,研制出具有优良综合力学性能的架空导线用特高强度架空导线用预应力钢芯,其抗拉强度 $\geq 2000\text{MPa}$,伸长率 $\geq 5.0\%$,1000h应力松弛率 $\leq 2.0\%$,锌铝合金镀层质量 $\geq 305\text{g/m}^2$,卷绕试验4倍通过(芯轴直径为钢线直径D的4倍),扭转次数 ≥ 14 次。

[0005] 为实现上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0006] 本发明一方面提供了一种架空导线用预应力钢芯,按重量百分比计,包括如下组分:

[0007] C:0.05~1.00wt%,Si:0.05~0.20wt%, $P\leq 0.01\text{wt}\%$, $S\leq 0.01\text{wt}\%$, $\text{Cu}\leq 0.2\text{wt}\%$,Mn:0.001~1.00wt%,Cr:0.001~1.00wt%,Er:0.001~1.00wt%,余量为Fe和不可避免的其他杂质。

[0008] 优选,所述架空导线用预应力钢芯,按重量百分比计,包括如下组分:

[0009] C:0.07~0.90wt%,Si:0.05~0.15wt%, $P\leq 0.005\text{wt}\%$, $S\leq 0.005\text{wt}\%$, $\text{Cu}\leq 0.1\text{wt}\%$,Mn:0.10~1.00wt%,Cr:0.01~1.00wt%,Er:0.01~1.0wt%,余量为Fe和不可避免的其他杂质。

[0010] 进一步优选,所述架空导线用预应力钢芯,按重量百分比计,包括如下组分:

[0011] C:0.83wt%,Si:0.12wt%, $P:0.003\text{wt}\%$, $S:0.001\text{wt}\%$, $\text{Cu}:0.03\text{wt}\%$,Mn:0.65wt%,Cr:0.25wt%,Er:0.05wt%,余量为Fe和不可避免的其他杂质。

[0012] 本发明还提供了上述架空导线用预应力钢芯的制备方法,包括如下步骤:

[0013] (1) 原料准备及熔炼

[0014] 将原料经100~150℃干燥处理,干燥时间1.0~2.0h;原料干燥后在真空熔炼炉中进行熔炼,熔炼时待铁熔化后再加入其它合金元素,将其全部熔化并搅拌均匀,其中,真空熔炼温度1100~1300℃,真空度 $\leq 10^{-1}\text{Pa}$;

[0015] (2) 电渣精炼、重熔

[0016] 将步骤(1)获得的熔化物在1100℃~1250℃下精炼1.0~3.0h,浇注成电渣锭;之后,将电渣锭进行电渣重熔,经装炉、引弧造渣、冶炼、补缩、冷却得钢坯锭;

[0017] (3) 高温煅烧、热轧

[0018] 将钢坯锭在1100~1200℃下保温1.0~2.0h后进行高温煅烧,再热轧成型,制得盘条,其中,开轧温度控制在1100~1150℃,轧件进精轧机温度控制在850~950℃,线材吐丝

温度控制在750~850℃,线材冷却速度控制在5~20℃/s,冷却至500~550℃,并保持30~60s后空冷至室温;

[0019] (4) 拉拔处理

[0020] 将步骤(3)制成的盘条经酸洗去锈及磷化处理后,以2.5~4m/s的速率、10~20%的变形量,用拉丝机将盘条进行多道次拉拔加工,拉拔温度控制在30~50℃,制得钢丝;

[0021] (5) 热镀锌铝合金镀层

[0022] 利用超声波清洗槽对步骤(4)拉拔制成的钢丝表面进行脱脂清洗;将钢丝以10~20m/min的速度浸入助镀剂溶液中,助镀温度为50~100℃,助镀时间为20~40s,之后,将钢丝表面残留的助镀剂烘干,烘干温度为80~100℃,烘干时间10~20s;烘干后立即浸入盛有锌铝合金镀液的陶瓷镀锅中浸镀,利用多金属快速同步变形,使得钢丝表面生成镀锌铝合金层,控制浸镀时间保证镀锌铝合金层质量不小于305g/m²;

[0023] (6) 捻股

[0024] 取7股步骤(5)制得的镀锌铝合金层钢丝用无水乙醇洗涤3~5次,待自然晾干后,再将7股洗涤后的钢丝置于绞线机中,绞合成7股钢丝组成的钢芯,绞合力大小为55~65MPa;

[0025] (7) 预应力处理

[0026] 将步骤(6)得到的镀锌铝合金层钢芯在180~220℃、5~8kN的张力作用下进行预应力处理,速度为20~30m/min;

[0027] (8) 收线、成品

[0028] 将预应力处理后的镀锌铝合金层钢芯冷却至室温后采用收线机收线,得到产品。

[0029] 优选,步骤(3)中,制得的盘条的直径为11.0mm。

[0030] 进一步优选,步骤(4)中,制得的钢丝的直径为3.08mm。

[0031] 进一步优选,步骤(5)中,助镀剂溶液包括以下组分:ZnCl₂:50~75重量份、KOH:5~15重量份、NH₄Cl:5~15重量份、金属氧化物:5~15重量份。

[0032] 进一步优选,所述金属氧化物是由ZnO和Al₂O₃组合而成,ZnO与Al₂O₃的重量百分比为1:1~3:1。

[0033] 进一步优选,步骤(6)中,捻股所采用的管绞机的牵引轮直径为1.6m;钢芯捻距为154mm,捻向为左。

[0034] 进一步优选,步骤(8)中,将步骤(7)中预应力处理后的镀锌铝合金层钢芯通过风冷和水冷的方式冷却。

[0035] 与现有技术相比,本发明提供的技术方案具有以下有益效果:

[0036] 本发明提供的架空导线用预应力钢芯,利用Cr、Mn、Er微量合金化元素优化控制合金成分及其微观组织,同时优化钢芯预应力处理时的工艺参数,保证了制得的镀锌铝合金层预应力钢芯具有良好的力学综合性能和耐腐蚀性能。

[0037] 本发明提供的架空导线用预应力钢芯的抗拉强度≥2000MPa,伸长率≥5.0%,1000h应力松弛率≤2.0%,锌铝合金镀层质量≥300g/m²,卷绕试验4倍通过(芯轴直径为钢线直径D的4倍),扭转次数≥14次。

具体实施方式

[0038] 下面将结合具体的实施方案对本发明进行进一步的解释,但并不局限本发明。

[0039] 实施例1

[0040] 架空导线用预应力钢芯,按重量百分比计,包含以下组分:C:0.82wt%,Si:0.20wt%,P:0.005wt%,S:0.003wt%,Cu:0.05wt%,Mn:0.45wt%,Cr:0.15wt%,Er:0.08wt%,余量为Fe和不可避免的其他杂质。

[0041] 上述钢芯的制备方法,包括如下步骤:

[0042] (1) 原料准备及冶炼:将原料经100℃干燥处理2.0h;在1150℃真空熔炼炉中,真空度 $\leq 10^{-1}$ Pa,待铁熔化后加入其它合金元素,将其全部熔化并搅拌均匀;

[0043] (2) 电渣精炼、重熔:在1200℃下精炼2.0h,浇注成电渣锭;将电渣锭进行电渣重熔,经过装炉、引弧造渣、冶炼、补缩、冷却得钢坯锭;

[0044] (3) 高温煅烧、热轧:1200℃保温1.5h后锻造,把方坯热轧成 $\phi 11.0$ mm盘条,始锻温度1150℃,终锻温度950℃;线材吐丝温度控制在800℃;线材冷却速度控制在10℃/s,冷却至550℃,并保持30s后空冷至室温;

[0045] (4) 拉拔处理:将盘条经酸洗去锈及磷化处理,以3.0m/s的速率、10%的变形量,用拉丝机将盘条进行多道次拉拔加工,拉拔温度控制在35℃,制得直径为3.08mm的钢丝;

[0046] (5) 热镀锌铝合金镀层:利用超声波清洗槽对拉拔制成的钢丝表面进行脱脂清洗;将钢丝以20m/min的速度浸入助镀剂溶液中,助镀温度为80℃,助镀时间为20s。助镀剂溶液包括以下组分:ZnCl₂:65重量份、KOH:15重量份、NH₄Cl:10重量份、金属氧化物:10重量份。所述金属氧化物是由ZnO和Al₂O₃组合而成,ZnO与Al₂O₃的重量百分比为1:1。将钢丝表面残留的助镀剂烘干,烘干温度为100℃,烘干时间10s;烘干后立即浸入盛有镀锌液的陶瓷镀锌锅中浸镀,使得钢丝表面生成镀锌层,控制浸镀时间使镀锌层质量为306g/m²;

[0047] (6) 捻股:取7股制得的热镀锌铝合金层钢丝用无水乙醇洗涤3次,待自然晾干后,再将7股洗涤后的钢丝置于绞线机中,绞合成7股钢丝组成的钢芯,绞合力大小为65MPa;捻制过程中,为确保钢芯良好的平直度,采用管绞机的牵引轮直径为1.6m;钢芯捻距为154mm,捻向为左。

[0048] (7) 预应力处理:将镀锌铝合金层钢芯在220℃、5.0kN的张力作用下进行预应力处理,速度为30m/min;

[0049] (8) 收线、成品:将预应力处理后的镀锌铝合金层钢芯通过风冷和水冷的方式冷却至室温,采用收线机收线,得到最终产品。

[0050] 实施例2

[0051] 架空导线用预应力钢芯,按重量百分比计,包含以下组分:C:0.83wt%,Si:0.15wt%,P:0.005wt%,S:0.002wt%,Cu:0.03wt%,Mn:0.50wt%,Cr:0.20wt%,Er:0.06wt%,余量为Fe和不可避免的其他杂质。

[0052] 上述钢芯的制备方法,包括如下步骤:

[0053] (1) 原料准备及冶炼:将原料经150℃干燥处理1.0h;在1200℃真空熔炼炉中,真空度 $\leq 10^{-1}$ Pa,待铁熔化后加入其它合金元素,将其全部熔化并搅拌均匀;

[0054] (2) 电渣精炼、重熔:在1160℃下精炼2.0h,浇注成电渣锭;将电渣锭进行电渣重熔,经过装炉、引弧造渣、冶炼、补缩、冷却得钢坯锭;

[0055] (3) 高温煅烧、热轧:1150℃保温1.5h后锻造,把方坯热轧成 $\phi 11.0$ mm盘条,始锻温度1100℃,终锻温度950℃;线材吐丝温度控制在750℃;线材冷却速度控制在15℃/s,冷却至530℃,并保持60s后空冷至室温;

[0056] (4) 拉拔处理:将盘条经酸洗去锈及磷化处理,以3.5m/s的速率、20%的变形量,用拉丝机将盘条进行多道次拉拔加工,拉拔温度控制在50℃,制得直径为3.08mm的钢丝;

[0057] (5) 热镀锌铝合金镀层:利用超声波清洗槽对拉拔制成的钢丝表面进行脱脂清洗;将钢丝以15m/min的速度浸入助镀剂溶液中,助镀温度为70℃,助镀时间为30s。助镀剂溶液包括以下组分:ZnCl₂:75重量份、KOH:10重量份、NH₄Cl:10重量份、金属氧化物:5重量份。所述金属氧化物是由ZnO和Al₂O₃组合而成,ZnO与Al₂O₃的重量百分比为2:1。将钢丝表面残留的助镀剂烘干,烘干温度为80℃,烘干时间20s;烘干后立即浸入盛有镀锌液的陶瓷镀锌锅中浸镀,使得钢丝表面生成镀锌层,控制浸镀时间使镀锌层质量为307g/m²;

[0058] (6) 捻股:取7股制得的热镀锌铝合金层钢丝用无水乙醇洗涤5次,待自然晾干后,再将7股洗涤后的钢丝置于绞线机中,绞合成7股钢丝组成的钢芯,绞合力大小为60MPa;捻制过程中,为确保钢芯良好的平直度,采用管绞机的牵引轮直径为1.6m;钢芯捻距为154mm,捻向为左。

[0059] (7) 预应力处理:将镀锌铝合金层钢芯在200℃、6.0kN的张力作用下进行预应力处理,速度为25m/min;

[0060] (8) 收线、成品:将预应力处理后的镀锌铝合金层钢芯通过风冷和水冷的方式冷却至室温,采用收线机收线,得到最终产品。

[0061] 实施例3

[0062] 架空导线用预应力钢芯,按重量百分比计,包含以下组分:C:0.83wt%,Si:0.12wt%,P:0.003wt%,S:0.001wt%,Cu:0.03wt%,Mn:0.65wt%,Cr:0.25wt%,Er:0.05wt%,余量为Fe和不可避免的其他杂质。

[0063] 上述钢芯的制备方法,包括如下步骤:

[0064] (1) 原料准备及冶炼:将原料经120℃干燥处理1.0h;在1300℃真空熔炼炉中,真空度 $\leq 10^{-1}$ Pa,待铁熔化后加入其它合金元素,将其全部熔化并搅拌均匀;

[0065] (2) 电渣精炼、重熔:在1250℃下精炼1.0h,浇注成电渣锭;将电渣锭进行电渣重熔,经过装炉、引弧造渣、冶炼、补缩、冷却得钢坯锭;

[0066] (3) 高温煅烧、热轧:1200℃保温1.0h后锻造,把方坯热轧成 $\phi 11.0$ mm盘条,始锻温度1150℃,终锻温度950℃;线材吐丝温度控制在850℃;线材冷却速度控制在20℃/s,冷却至500℃,并保持30s后空冷至室温;

[0067] (4) 拉拔处理:将盘条经酸洗去锈及磷化处理,以4.0m/s的速率、10%的变形量,用拉丝机将盘条进行多道次拉拔加工,拉拔温度控制在30℃,制得直径为3.08mm的钢丝;

[0068] (5) 热镀锌铝合金镀层:利用超声波清洗槽对拉拔制成的钢丝表面进行脱脂清洗;将钢丝以20m/min的速度浸入助镀剂溶液中,助镀温度为100℃,助镀时间为40s。助镀剂溶液包括以下组分:ZnCl₂ 75重量份、KOH 5重量份、NH₄Cl 5重量份、金属氧化物15重量份。所述金属氧化物是由ZnO和Al₂O₃组合而成,ZnO与Al₂O₃的重量百分比为1:2。将钢丝表面残留的助镀剂烘干,烘干温度为100℃,烘干时间10s;烘干后立即浸入盛有镀锌液的陶瓷镀锌锅

中浸镀,使得钢丝表面生成镀锌层,控制浸镀时间使镀锌层质量为 $305\text{g}/\text{m}^2$;

[0069] (6) 捻股:取7股制得的热镀锌铝合金层钢丝用无水乙醇洗涤5次,待自然晾干后,再将7股洗涤后的钢丝置于绞线机中,绞合成7股钢丝组成的钢芯,绞合力大小为 65MPa ;捻制过程中,为确保钢芯良好的平直度,采用管绞机的牵引轮直径为 1.6m ;钢芯捻距为 154mm ,捻向为左。

[0070] (7) 预应力处理:将镀锌铝合金层钢芯在 190°C 、 6.5kN 的张力作用下进行预应力处理,速度为 $30\text{m}/\text{min}$;

[0071] (8) 收线、成品:将预应力处理后的镀锌铝合金层钢芯通过风冷和水冷的方式冷却至室温,采用收线机收线,得到最终产品。

[0072] 实施例4

[0073] 架空导线用预应力钢芯,按重量百分比计,包含以下组分:C: $0.84\text{wt}\%$,Si: $0.10\text{wt}\%$,P: $0.003\text{wt}\%$,S: $0.002\text{wt}\%$,Cu: $0.02\text{wt}\%$,Mn: $0.70\text{wt}\%$,Cr: $0.30\text{wt}\%$,Er: $0.03\text{wt}\%$,余量为Fe和不可避免的其他杂质。

[0074] 上述钢芯的制备方法,包括如下步骤:

[0075] (1) 原料准备及冶炼:将原料经 100°C 干燥处理 2.0h ;在 1100°C 真空熔炼炉中,真空度 $\leq 10^{-1}\text{Pa}$,待铁熔化后加入其它合金元素,将其全部熔化并搅拌均匀;

[0076] (2) 电渣精炼、重熔:在 1100°C 下精炼 3.0h ,浇注成电渣锭;将电渣锭进行电渣重熔,经过装炉、引弧造渣、冶炼、补缩、冷却得钢坯锭;

[0077] (3) 高温煅烧、热轧: 1100°C 保温 2.0h 后锻造,把方坯热轧成 $\phi 11.0\text{mm}$ 盘条,始锻温度 1100°C ,终锻温度 850°C ;线材吐丝温度控制在 750°C ;线材冷却速度控制在 $5^\circ\text{C}/\text{s}$,冷却至 550°C ,并保持 30s 后空冷至室温;

[0078] (4) 拉拔处理:将盘条经酸洗去锈及磷化处理后,以 $2.5\text{m}/\text{s}$ 的速率、 15% 的变形量,用拉丝机将盘条进行多道次拉拔加工,拉拔温度控制在 30°C ,制得直径为 3.08mm 的钢丝;

[0079] (5) 热镀锌铝合金镀层:利用超声波清洗槽对拉拔制成的钢丝表面进行脱脂清洗;将钢丝以 $15\text{m}/\text{min}$ 的速度浸入助镀剂溶液中,助镀温度为 85°C ,助镀时间为 20s 。助镀剂溶液包括以下组分:ZnCl₂ 60重量份、KOH 15重量份、NH₄Cl 15重量份、金属氧化物10重量份。所述金属氧化物是由ZnO和Al₂O₃组合而成,ZnO与Al₂O₃的重量百分比为1:1。将钢丝表面残留的助镀剂烘干,烘干温度为 100°C ,烘干时间 20s ;烘干后立即浸入盛有镀锌液的陶瓷镀锌锅中浸镀,使得钢丝表面生成镀锌层,控制浸镀时间使镀锌层质量为 $305\text{g}/\text{m}^2$;

[0080] (6) 捻股:取7股制得的热镀锌铝合金层钢丝用无水乙醇洗涤3次,待自然晾干后,再将7股洗涤后的钢丝置于绞线机中,绞合成7股钢丝组成的钢芯,绞合力大小为 55MPa ;捻制过程中,为确保钢芯良好的平直度,采用管绞机的牵引轮直径为 1.6m ;钢芯捻距为 154mm ,捻向为左。

[0081] (7) 预应力处理:将镀锌铝合金层钢芯在 200°C 、 7.5kN 的张力作用下进行预应力处理,速度为 $26\text{m}/\text{min}$;

[0082] (8) 收线、成品:将预应力处理后的镀锌铝合金层钢芯通过风冷和水冷的方式冷却至室温,采用收线机收线,得到最终产品。

[0083] 实施例5

[0084] 架空导线用预应力钢芯,按重量百分比计,包含以下组分:C: $0.83\text{wt}\%$,Si:

0.15wt%, P:0.004wt%, S:0.002wt%, Cu:0.03wt%, Mn:0.60wt%, Cr:0.35wt%, Er:0.02wt%, 余量为Fe和不可避免的其他杂质。

[0085] 上述钢芯的制备方法,包括如下步骤:

[0086] (1) 原料准备及冶炼:将原料经120℃干燥处理1.5h;在1200℃真空熔炼炉中,真空度 $\leq 10^{-1}$ Pa,待铁熔化后加入其它合金元素,将其全部熔化并搅拌均匀;

[0087] (2) 电渣精炼、重熔:在1150℃下精炼2.0h,浇注成电渣锭;将电渣锭进行电渣重熔,经过装炉、引弧造渣、冶炼、补缩、冷却得钢坯锭;

[0088] (3) 高温煅烧、热轧:1150℃保温1.0h后锻造,把方坯热轧成 $\phi 11.0$ mm 盘条,始锻温度1120℃,终锻温度950℃;线材吐丝温度控制在780℃;线材冷却速度控制在10℃/s,冷却至510℃,并保持40s后空冷至室温;

[0089] (4) 拉拔处理:将盘条经酸洗去锈及磷化处理,以3.0m/s的速率、12%的变形量,用拉丝机将盘条进行多道次拉拔加工,拉拔温度控制在40℃,制得直径为3.08mm的钢丝;

[0090] (5) 热镀锌铝合金镀层:利用超声波清洗槽对拉拔制成的钢丝表面进行脱脂清洗;将钢丝以12m/min的速度浸入助镀剂溶液中,助镀温度为75℃,助镀时间为30s,其中,助镀剂溶液包括以下组分:ZnCl₂ 70重量份、KOH 10重量份、NH₄Cl 10重量份、金属氧化物10重量份,所述金属氧化物是由ZnO和Al₂O₃组合而成,ZnO与Al₂O₃的重量百分比为1:3,将钢丝表面残留的助镀剂烘干,烘干温度为80℃,烘干时间20s;烘干后立即浸入盛有镀锌液的陶瓷镀锌锅中浸镀,使得钢丝表面生成镀锌层,控制浸镀时间使镀锌层质量为306g/m²;

[0091] (6) 捻股:取7股制得的热镀锌铝合金层钢丝用无水乙醇洗涤3次,待自然晾干后,再将7股洗涤后的钢丝置于绞线机中,绞合成7股钢丝组成的钢芯,绞合力大小为58MPa;捻制过程中,为确保钢芯良好的平直度,采用管绞机的牵引轮直径为1.6m;钢芯捻距为154mm,捻向为左;

[0092] (7) 预应力处理:将镀锌铝合金层钢芯在220℃、6.0kN的张力作用下进行预应力处理,速度为22m/min;

[0093] (8) 收线、成品:将预应力处理后的镀锌铝合金层钢芯通过风冷和水冷的方式冷却至室温,采用收线机收线,得到最终产品。

[0094] 对实施例1至实施例5制得的镀锌铝合金层预应力钢芯,按照国家标准GB/T 3428-2012《架空绞线用镀锌钢线》的要求和方法进行性能测试,测试结果见下表1。

[0095] 表1:性能测试结果

[0096]

	抗拉强度 / MPa	伸长率 / %	1000 h 应力松弛率 / %	镀层质量 / g/m ²	卷绕性能 (芯轴直径为钢线直径D的4倍)	扭转次数 /次
实施例 1	2035	5.0	2.00	306	4 倍通过	15
实施例 2	2030	5.3	1.98	307	4 倍通过	14
实施例 3	2045	5.5	1.95	305	4 倍通过	16
实施例 4	2040	5.2	1.93	305	4 倍通过	16
实施例 5	2020	5.2	1.91	306	4 倍通过	14

[0097] 由上表可看出,本发明所提供的架空导线用镀锌铝合金层预应力钢芯材料具有优异的综合性能,其钢线的抗拉强度 $\geq 2000\text{MPa}$,伸长率 $\geq 5.0\%$,1000h应力松弛率 $\leq 2.0\%$,锌铝合金镀层质量 $\geq 305\text{g/m}^2$,卷绕试验4倍通过(芯轴直径为钢线直径D的4倍),扭转次数 ≥ 14 次的架空导线用预应力钢芯。此外,本发明制得的镀锌铝合金镀层的预应力钢线的耐腐蚀性能显著优于镀纯锌层的预应力钢线,按照国家标准GB/T 10125-2012《人造气氛腐蚀试验盐雾试验》的要求进行同等试验条件下的盐雾试验,镀锌铝合金镀层钢线的耐腐蚀性能比镀纯锌层的钢线提高5倍以上。

[0098] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其进行限制,所属领域的普通技术人员应当理解,参照上述实施例可以对本发明的具体实施方式进行修改或者等同替换,这些未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换均在申请的权利要求保护范围之内。