



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104028961 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 10

(21) 申请号 201410259612. 2 *G22F 1/057*(2006. 01)
(22) 申请日 2014. 06. 11 *H01B 5/02*(2006. 01)
(71) 申请人 远东电缆有限公司 *H01B 1/02*(2006. 01)
地址 214257 江苏省无锡市宜兴市高塍镇远
东大道 8 号 *H01B 13/00*(2006. 01)
申请人 新远东电缆有限公司
远东复合技术有限公司
(72) 发明人 汪传斌 徐静 夏霏霏 孙湛
田崇军
(74) 专利代理机构 北京中济纬天专利代理有限
公司 11429
代理人 张晓霞
(51) Int. Cl.
B23P 15/00(2006. 01)
G22C 21/08(2006. 01)
G22C 1/06(2006. 01)

权利要求书2页 说明书4页

(54) 发明名称

一种中强度铝合金线及其生产工艺

(57) 摘要

本发明属于架空输电技术领域,公开了一种架空导线用中强度铝合金线及其生产工艺,本发明通过一定合金成份调整、在线除气净化系统、轧制、在线固溶淬火系统的控制,然后通过拉丝、时效处理,最终得到抗张强度 260 ~ 300MPa,伸长率 $\geq 3.5\%$,单线导电率 $\geq 57.5\%$ IACS 的中强度铝合金单线。本发明生产的中强铝合金线具有强度高,导电性能好,伸率大等特点,将其多根绞合后形成的中强度铝合金绞线用于架空输电线路中,具有较大的拉重比,提高线路运行的安全性,同时采用全该中强度铝合金线绞成的绞线,避免了常规钢芯铝绞线所出现的磁滞损耗和涡流损耗,大大减少线路的电能损失。

1. 一种中强度铝合金线及其生产工艺,其特征包括以下步骤:

步骤一:通过连铸连轧制备中强铝合金杆;(1) 选择铝锭并熔炼,形成铝液,流入保温炉;(2) 合金成分的配置,搅拌:加入中间合金锭,形成铝合金混合液体,并通过搅拌均匀后分析;(3) 精炼除气、扒渣、静置:将精炼剂随氮气吹入保温炉内的铝液中,精炼时间不小于15分钟,然后将表面的渣液扒干净,再进行静置;(4) 在线炉外除气、在线细化晶粒、过滤、连续浇铸,形成铝合金铸锭;(5) 通过感应加热、轧制、固溶淬火处理,形成中强度铝合金杆,进入收线盘进行收线;

步骤二:将中强度铝合金杆通过高速铝合金拉线机多道次拉制成中强度铝合金线;

步骤三:将拉制的中强度铝合金线放入时效炉,通过高温时效制成导电率 $\geq 57.5\%$ IACS的中强度铝合金线。

2. 根据权利要求1所述的一种中强度铝合金线及其生产工艺,其特征是:所述步骤一中选用的铝锭成份应满足 $Al \geq 99.70\text{wt}\%$,铝锭和铝中间合金锭中杂质应满足 $Si \leq 0.07\text{wt}\%$, $(Cr+V+Mn+Ti) \leq 0.015\text{wt}\%$, $Fe \leq 0.20\text{wt}\%$, $Cu \leq 0.01\text{wt}\%$ 。

3. 根据权利要求2所述的一种中强度铝合金线的生产工艺,其特征是:所述步骤一中(2)的合金成分应满足炉内各元素质量百分数如下:Si的含量为 $0.45 \sim 0.65\text{wt}\%$,Mg的含量为 $0.50 \sim 0.70\text{wt}\%$, $(Cr+V+Mn+Ti)$ 的含量 $\leq 0.015\text{wt}\%$,B的含量为 $0.01 \sim 0.1\text{wt}\%$,Fe的含量为 $0.18 \sim 0.25\text{wt}\%$,Cu的含量为 $0.015 \sim 0.035\text{wt}\%$,稀土含量为 $0.10 \sim 0.15\text{wt}\%$;其他各种杂质元素含量均不大于 $0.03\text{wt}\%$;炉内采用电磁搅拌或人工搅拌,确保成份均匀,静置时间不小于40分钟。

4. 根据权利要求3所述的一种中强度铝合金线的生产工艺,其特征是:所述步骤一中除气包括(3)步的炉内精炼除气和(4)步的在线炉外除气;经过二次除气后检测铝合金液中 H_2 含量 $\leq 0.015\text{mol/L}$ 。

5. 根据权利要求4所述的一种中强度铝合金线的生产工艺,其特征是:步骤一中细化晶粒为在线加入铝钛硼Al-5Ti-B合金丝,加入量根据晶相组织做调整,过滤采用陶瓷过滤板进行过滤;步骤一中的轧制包括粗轧和精轧,粗轧为4组轧辊,精轧为10组轧辊。

6. 根据权利要求5所述的一种中强度铝合金线的生产工艺,其特征是:步骤一中控制保温炉中铝液温度为 $720 \sim 750^\circ\text{C}$;炉外在线除气铝液温度为 $710 \sim 730^\circ\text{C}$;连续浇铸温度为 $695 \sim 705^\circ\text{C}$;感应加热温度为 $520 \sim 540^\circ\text{C}$;轧制的入轧温度为 $510 \sim 530^\circ\text{C}$;固溶淬火水温控制在 $20 \sim 30^\circ\text{C}$;成品铝合金杆的温度控制在 $40 \sim 55^\circ\text{C}$ 。

7. 根据权利要求6所述的一种中强度铝合金线的生产工艺,其特征是:步骤二中将中强铝合金杆通过高速铝合金拉丝机采用多道模具拉制成所需直径的中强度铝合金单线,各道延伸系数控制在 $1.20 \sim 1.30$ 之间,拉丝的速度控制在 $8 \sim 13\text{m/s}$ 。

8. 根据权利要求7所述的一种中强度铝合金线的生产工艺,其特征是:步骤三中将拉制的中强铝合金单线进行人工时效处理,时效炉为连续式时效炉或固定式时效炉,时效温度控制在 $160 \sim 190^\circ\text{C}$,时效时间控制在 $6 \sim 10\text{h}$,炉内温度控偏差 $\pm 2^\circ\text{C}$;步骤一中生产中强度铝合金杆的直径为 9.5mm ;步骤二中中强铝合金线为直径为 $1.50\text{mm} \sim 5.0\text{mm}$ 的圆线或等效直径为 $2.0\text{mm} \sim 5.0\text{mm}$ 型线,型线的截面形状为圆形或“凹”形或“凸”形或“Z”形或“S”形或梯形或瓦形;制得的中强度铝合金线的抗张强度 $\geq 260\text{MPa}$,伸长率 $\geq 3.5\%$,单线导电率 $\geq 57.5\%$ IACS。

9. 一种中强度铝合金线,其特征在于:由权利要求9所述的生产工艺制备而得,中强度铝合金线的抗张强度 $\geq 260\text{MPa}$,伸长率 $\geq 3.5\%$,单线导电率 $\geq 57.5\%$ IACS。

一种中强度铝合金线及其生产工艺

技术领域

[0001] 本发明属于架空输电线路架空导线技术领域,涉及一种架空导线用中强度铝合金线及其生产工艺。

背景技术

[0002] 我国架空输电线路一般以钢芯铝绞线为主。众所周知,钢芯铝绞线中钢芯不仅增加了导线的重量,而且在电流传输过程中存在磁滞损耗和涡流损耗,造成线路建设投资和运行成本的增加。近年来,国家电网大力提倡建设资源节约型、环境友好型架空输电线路。为了减小钢芯铝绞线在架空输电线路出现的弊端,国家电网公司提倡架空输电线路用导线合金化,为此出现了中强度、高强度、耐热等合金系列产品。其中对于中强度铝合金,相关文献有报道,如中国专利文献 CN102041418A、CN102162050A 和 CN103451498A,其中 CN102041418A 通过采用合金成份配比,通过连铸连轧方式生产铝合金杆,然后对铝合金杆进行人工时效,再进行拉丝,拉丝后再进行人工时效的工艺方法得到的中强铝合金线,其抗张强度 245 ~ 290MPa,伸长率为 1.8 ~ 3.0%,单线导电率不低于 57.0% IACS;同样 CN102162050A 通过合金成份配比,采用了连铸连轧方式生产铝合金杆,然后对铝合金杆进行人工时效,再进行拉丝,拉丝后再进行人工时效的工艺方法得到的中强铝合金线,其抗张强度为 230 ~ 250MPa,伸长率 $\geq 2.0\%$,单线导电率不低于 57.0% IACS;该两种中强度铝合金导线伸长率较小,使得绞合的导线抗过载能力和耐疲劳性能较差,导致安全性较差,另外这两个专利需要对铝合金杆和拉制的铝合金线进行两次人工时效,不仅增加了工序,降低了效率,同时时效过程能耗大,增加了制造成本;CN103451498A 通过合金成份配比,采用了连铸连轧方式生产铝合金杆,然后对铝合金杆进行拉丝,拉丝后进行人工时效的工艺方法得到的中强铝合金线,该中强其抗张强度 $\geq 245\text{MPa}$,伸长率 $\geq 3.5\%$,单线导电率不低于 58.5% IACS;该中强度铝合金线的导电性能都有一定的提高,但是其机械性能较低,对于架空输电线路,其安全性十分重要,当有些大长度、大档距、高海拔输送线路需要更高拉重比的产品来满足输电线路安全性的要求。

发明内容

[0003] 本发明的第一个目的是克服上述技术的不足缺点,提供一种架空导线用的中强度铝合金线的生产工艺,提高导线的拉重比,提高单线的伸长率,来满足高压输电线路大长度、大档距、高海拔输送线路需要。

[0004] 实现本发明第一个目一种中强度铝合金线的生产工艺,包括以下工艺加工步骤:

[0005] 步骤一:通过连铸连轧制备中强铝合金杆;(1) 选择铝锭并熔炼,形成铝液,流入保温炉;(2) 合金成分的配置,搅拌:加入中间合金锭,形成铝合金混合液体,并通过搅拌均匀后分析;(3) 精炼除气、扒渣、静置:将精炼剂随氮气吹入保温炉内的铝液中,精炼时间不小于 15 分钟,然后将表面的渣液扒干净,再进行静置;(4) 在线炉外除气、在线细化晶粒、过滤、连续浇铸,形成铝合金铸锭;(5) 通过感应加热、轧制、固溶淬火处理,形成中强度铝合

金杆,进入收线盘进行收线;选用的铝锭成份应满足 $Al \geq 99.70\text{wt}\%$,铝锭和铝中间合金锭(合金锭除本体合金元素外)中杂质应满足 $Si \leq 0.07\text{wt}\%$, $(Cr+V+Mn+Ti) \leq 0.015\text{wt}\%$, $Fe \leq 0.20\text{wt}\%$, $Cu \leq 0.01\text{wt}\%$;熔炼及合金配置应满足炉内各元素质量百分数如下:Si 的含量为 $0.45 \sim 0.65\text{wt}\%$, Mg 的含量为 $0.50 \sim 0.70\text{wt}\%$, $(Cr+V+Mn+Ti)$ 的含量 $\leq 0.015\text{wt}\%$, B 的含量为 $0.01 \sim 0.1\text{wt}\%$, Fe 的含量为 $0.18 \sim 0.25\text{wt}\%$, Cu 的含量为 $0.015 \sim 0.035\text{wt}\%$, 稀土含量为 $0.10 \sim 0.15\text{wt}\%$;其他各种杂质元素含量均不大于 $0.03\text{wt}\%$;炉内采用电磁搅拌或人工搅拌,确保成份均匀,静置时间不小于 40 分钟;除气包括炉内精炼除气和炉外在线除气;二次除气后检测铝合金液中 H_2 含量 $\leq 0.015\text{mol/L}$;细化晶粒为在线加入铝钛硼 (Al-5Ti-B) 合金丝,加入量根据晶相组织做调整,过滤采用陶瓷过滤板进行过滤;各步温度控制为:保温炉中铝液温度为 $720 \sim 750^\circ\text{C}$,炉外除气铝液温度为 $710 \sim 730^\circ\text{C}$;浇铸温度为 $695 \sim 705^\circ\text{C}$;感应加热温度 $520 \sim 540^\circ\text{C}$,入轧温度 $510 \sim 530^\circ\text{C}$,淬火水温控制在 $20 \sim 30^\circ\text{C}$,成品铝合金杆的温度控制在 $40 \sim 55^\circ\text{C}$;此步得到的中强度铝合金杆的直径为 9.5mm ;轧制包括粗轧和精轧,粗轧为 4 组轧辊,精轧为 10 组轧辊;

[0006] 步骤二:将中强度铝合金杆通过铝合金拉线机多道次拉制成中强度铝合金线;采用多道模具拉制成所需直径的中强度铝合金单线,各道延伸系数控制在 $1.20 \sim 1.30$ 之间,拉丝的速度控制在 $8 \sim 13\text{m/s}$;此步得到的中强铝合金线可以为直径为 $1.50\text{mm} \sim 5.0\text{mm}$ 的圆线,也可以是等效直径为 $2.0\text{mm} \sim 5.0\text{mm}$ 各类型线,型线的截面形状为圆形或“凹”形或“凸”形或“Z”形或“S”形或梯形或瓦形;

[0007] 步骤三:将拉制的中强度铝合金线放入时效炉,通过高温时效制成导电率 $\geq 57.5\%$ IACS 的中强度铝合金线,中强度铝合金线抗张强度 $260 \sim 300\text{MPa}$,伸长率 $\geq 3.5\%$,单线导电率 $\geq 57.5\%$ IACS。时效可采用连续式时效炉也可以采用固定式时效炉,时效温度控制在 $160 \sim 190^\circ\text{C}$,时效时间控制在 $6 \sim 10\text{h}$,炉内温度控偏差 $\pm 2^\circ\text{C}$;此步得到的中强度铝合金线的抗张强度 $\geq 260\text{MPa}$,伸长率 $\geq 3.5\%$,单线导电率 $\geq 57.5\%$ IACS。

[0008] 本发明的第二个目的是提供一种强度高,导电性能好,伸率大的中强度铝合金线。

[0009] 实现本发明的第二个目的的技术方案是:由前述生产工艺制备而得,中强度铝合金线的抗张强度 $\geq 260\text{MPa}$,伸长率 $\geq 3.5\%$,单线导电率 $\geq 57.5\%$ IACS。

[0010] 采用了上述技术方案后,本发明具有以下的有益效果:(1) 本发明的工艺采用炉内除气和炉外除气相结合的方式,净化铝液中的气体杂质,提高导电性能;轧制过程中轧机改变传统的粗、精轧三辊 Y 型 14 台机架,采用 4 台二辊式粗轧机架和 10 台三辊 Y 型精轧机架组成,粗轧机大轧制率单独传动,有利于晶粒细化,提高产品质量;采用在线感应加热保证入轧温度在形成 Mg_2Si 强化相所需的温度区间内,通过在线淬火系统,对铝杆快速冷却进行淬火,形成 Mg_2Si 强化相,从而提高铝杆强度,该工艺轧制的铝杆不需另进行人工时效,较传统的工艺相比,节省一道时效工序,节约人工和能耗,且该工艺制得的铝杆较人工时效的铝杆性能稳定,铝杆强度波动在 5MPa 之内。

[0011] (2) 根据本发明的发明制的铝合金线具有强度高,导电性能好,伸率大等特点,将其多根绞合后形成的中强度铝合金绞线用于架空输电线路中,具有较大的拉重比,提高线路运行的安全性,同时采用全该中强度铝合金线绞成的绞线,避免了常规钢芯铝绞线所出现的磁滞损耗和涡流损耗,大大减少线路的电能损失。本发明的中强度铝合金线即可应用于常规架空输电线路,也可以用于大档距、大落差高海拔地区,可以大大提高输送线路的安

全性。

具体实施方式

[0012] 工艺步骤为：

[0013] 1、选择铝锭并熔炼。选用的铝锭成份 Al :99.79wt%，铝锭中杂质应满足 Si : 0.06wt%，(Cr+V+Mn+Ti) ≤ 0.013wt%，Fe :0.13wt%，Cu :0.002wt%，各类杂质总和 0.21wt%；

[0014] 2、合金配置、搅拌。分别加入铝硅合金锭 (AlSi12)、铝铁合金锭 (AlFe20)、铝硼合金锭 (AlB3)、稀土铝合金锭 (AlRe10)、镁锭，采用电磁搅拌和人工搅拌相结合方式，搅拌均匀，取样光谱分析，炉内各元素质量百分数如下：Si :0.56wt%，Mg 的含量为 0.63wt%，(Cr+V+Mn+Ti) :0.011wt%，B 的含量为 0.021wt%，Fe 的含量为 0.22wt%，Cu 的含量为 0.02wt%，稀土含量为 0.11wt%；

[0015] 3、炉内精炼除气、扒渣、静置。将精炼剂通过高纯氮气 (99.9999%) 吹入铝液中，铝液上下左右都要吹到，保证精炼均匀，精炼 20 分钟，然后进行扒渣，把铝液表面的渣扒干净，再静置时间 50 分钟，炉内温度控制 735℃；

[0016] 4、在线除气、在线细化晶粒、过滤、连续浇铸，形成铝合金铸锭。打开保温炉流出通道，将倾动式保温炉慢慢升起，铝合金溶液流入炉外除气装置进行再次除气，二次除气后检测流槽铝合金液中 H₂ 含量为 0.013mol/L，在流槽中在线加入铝钛硼 (Al-5Ti-B) 合金丝，速度为 30cm/分钟，然后通过陶瓷过滤板进行过滤，流入浇包，采用水平浇铸方式进入 H 形结晶轮，浇铸温度 701℃，出锭温度 496℃；

[0017] 5、感应加热、轧制、固溶淬火处理、收线。将铝合金锭坯通过引桥、洗面、校直装置进入感应加入器，感应加热设定温度 535℃，从感应加热器出来锭坯温度 520℃，通过铝合金轧制机 (粗轧 + 精轧) 轧制成直径为 9.5mm 的中强度铝合金杆，并将中强铝合金杆进入在线淬火系统，淬火水温 29℃，淬火时水的总压力 0.28MPa，淬火后中强铝合金杆的上盘温度为 51℃，最后通过自动收线机收铝合金杆；

[0018] 6、拉线。将 9.5mm 的中强铝合金杆通过高速铝合金拉丝机通过 7 模拉丝，拉制成 4.00mm 的铝合金单线，拉丝的速度 10m/s；

[0019] 7、时效处理。将拉制的铝合金线通过连续式时效炉进行时效处理，时效温度控制在 180℃ ± 2℃，时效时间 6.5h，制得中强度铝合金线的性能如下表：

[0020] 表 1 中强铝合金线的性能

[0021]

直径 mm	20℃导体电阻率 (Ω · mm ² /m)	抗张强度 (MPa)	断裂伸长率 %	导电率 %IACS
4.00	0.029801	275	4.8	57.9
4.00	0.029864	281	4.8	57.7
4.00	0.029742	279	5.2	58.0

[0022] 以上所述的具体实施例，对本发明专利的目的、技术方案和有益效果进行了进一

步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施例代表而已,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。