



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104046859 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 17

(21) 申请号 201410294609. 4

(22) 申请日 2014. 06. 26

(71) 申请人 龙口市丛林铝材有限公司

地址 265705 山东省烟台市龙口市丛林工业
区丛林总部技术中心

(72) 发明人 张培良 宗岩 徐群峰 吕庆玉

(74) 专利代理机构 北京双收知识产权代理有限
公司 11241

代理人 卢新

(51) Int. Cl.

C22C 21/08 (2006. 01)

C22C 1/03 (2006. 01)

C22F 1/047 (2006. 01)

B21C 37/06 (2006. 01)

权利要求书2页 说明书8页

(54) 发明名称

一种晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材及其
制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材, 含有如下质量百分比的金属物质 :Mg : 1. 0-1. 15%, Si :0. 60-0. 75%, Cu :0. 20-0. 35%, Fe :0. 35 %, Mn :0. 10 %, Cr :0. 05-0. 08 %, Zn : 0. 15%, Ti :0. 10%, 其余为铝。本发明还公开了一种所述晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材的制备方法, 本发明晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材解决了 6061 合金大壁厚挤压铝合金管材基体及表面晶粒粗大, 消除了阳极氧化后出现大块晶斑缺陷, 又保证最终产品内在焊合质量、力学性能等指标满足 GB/T6892-2006 标准要求。

1. 一种晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材,其特征在于,含有如下质量百分比的金属物质:

Mg :1.0-1.15%, Si :0.60-0.75%, Cu :0.20-0.35%, Fe : $\leq$ 0.35%, Mn : $\leq$ 0.10%, Cr :0.05-0.08%, Zn : $\leq$ 0.15%, Ti : $\leq$ 0.10%, 其余为铝。

2. 根据权利要求1所述晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材,其特征在于,含有如下质量百分比的金属物质:

Mg :1.1%, Si :0.65%, Cu :0.30%, Fe :0.12%, Mn :0.02%, Cr :0.06%, Zn :0.05%, Ti :0.04%, 其余为铝。

3. 一种制备权利要求1或2所述的晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材的方法,其特征在于,包括如下步骤:

(1) 投料前大清炉:投料前需将炉墙、炉底的浮渣铲下并连剩余铝液一并彻底清出炉外,去除杂质;

(2) 熔化:计算金属原料用量并按配比准备金属原料,所述金属原料包括:废料、铝锭及中间合金,所述中间合金为硅含量为18-21%铝硅,铜含量为39-42%的铝铜,铬含量为3-4%的铝铬,纯度 $\geq$ 99.90%的镁锭,所述废料占所述原料的重量百分数不超过60%;

将金属原料按照先加入小块或薄片废料,其次加入大块料,铝硅、铝铜、铝铬合金的顺序依次加入,金属原料完全融化后,再投入镁锭,当金属原料全部熔化后,在铝液表面撒上打渣剂进行除渣,待渣铝分离后,人工搅拌或开动永磁搅拌;

然后取试样进行化学分析,所述化学分析具体包括如下步骤:在730-750℃条件下取三个试样,第一个试样预热试样模,不作分析,再取两个样进行分析,选择炉膛的中部和边部各取一个,要求取样深度大于30cm,且边部的取样部位距离炉壁大于50cm,取样分析如不达标,计算并进行调整各组分含量,直至产品各组分含量达到权利要求1或2所述的要求;

(3) 精炼和静置:熔化结束后在熔炼炉中进行第一次人工精炼,然后转入静置炉中进行第二次人工精炼,然后进行静置;

(4) 晶粒细化,铸造,均质;

(5) 挤出,淬火:均质后进行挤出,挤出后进行在线淬火,然后冷却后再在淬火炉中进行淬火;

(6) 拉伸矫直,时效。

4. 根据权利要求3所述制备晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材的方法,其特征在于,所述步骤(1)具体包括如下步骤:

采用蓄热式熔炼炉,投料前撒入10kg以上清渣剂,将炉温升至800℃后,保温3-5分钟,用大铲将渣线、炉壁、炉底的浮渣铲下,并用铁耙一并将剩余铝液彻底清除炉外。

5. 根据权利要求3所述制备晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材的方法,其特征在于,所述步骤(3)具体包括如下步骤:

按1.5kg/T·Al计算精炼剂添加量并用氩气将其喷入熔炼炉中进行第一次精炼,精炼温度控制在720-740℃,精炼时间10-20min,精炼时气泡高度在200mm以下,第一次人工精炼后转入静置炉,进行第二次精炼,精炼方法与第一次精炼相同,然后将8-10Kg覆盖剂均匀撒在铝液表面,进行静置,静置温度为730-760℃,静置时间为15-30min。

6. 根据权利要求3所述制备晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材的方法,其特征在于,所述步骤(4)具体包括如下步骤:

将静置后的铝液进行晶粒细化,将铝钛硼丝添加在陶瓷过滤板的上游,所述铝钛硼丝中钛和硼的质量百分数分别为 $5.0\pm 0.5\%$ 和 $1.0\pm 0.2\%$,所述铝钛硼丝添加量为所述金属原料总质量的 $0.05\sim 0.15\%$,铝钛硼丝添加部位位于铝液内部,利用石墨转子除气法除气、净化,除气机转速至少 350r/min ,氩气工作流量控制在 $0.5\sim 1\text{m}^3/\text{h}$,在过滤箱内放入无破裂的 $30\text{ppi}\sim 40\text{ppi}$ 过滤板,滤除其中的氧化夹杂物,铸造开始后在流槽熔体表面均匀撒上覆盖剂,要求完全覆盖熔体表面,铸造时流盘入口处熔体温度为 $700\sim 730^\circ\text{C}$,铸造起始速度 30mm/min ,铸造爬升起始位置 50mm ,铸造正常速度 $36\pm 5\text{mm/min}$,铸造爬升结束位置 80mm ,铸造起始水流量 2200L/min ,铸造正常水流量 $2800\sim 3000\text{L/min}$,水量爬升起始位置 30mm ,水量爬升结束位置 60mm ,油量控制时间 $5/8\text{s}$;铸造后装入均质炉,层与层之间、铸锭与铸锭之间用横梁间隔 $50\sim 100\text{mm}$,均匀化温度为 $555\pm 5^\circ\text{C}$,保温时间为 $8\sim 12\text{h}$,冷却方式为大风急冷 2.5h ,然后水冷 0.5h 以上,检查铸棒表面质量,对不合格的铸棒进行标记并切断重熔,表面合格的进行锯切,打印标示。

7. 根据权利要求3所述制备晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材的方法,其特征在于,所述步骤(5)具体包括如下步骤:

将挤压模具吊至模具加热炉中加热,模具温度控制在 $450\sim 480^\circ\text{C}$,保温时间不超过 30h ;模具温度达到设置温度后,将铝棒吊至铝棒加热炉中加热,铝棒上机温度控制在 $450\pm 30^\circ\text{C}$;挤压筒温度控制在 $440\sim 460^\circ\text{C}$,加热完成后进行挤压,所述挤压过程压余厚度不低于 30mm ,首锭应采用挤压温度的上限温度,即 460°C ,挤压垫片涂抹润滑剂应均匀、少量,控制铸锭墩粗速度,墩粗后进行排气操作,挤压压力在 $0\sim 28\text{MPa}$ 范围内从小到大变化,挤出制品表面温度控制在 $450\sim 500^\circ\text{C}$,型材挤出速度控制在 $1\pm 0.5\text{m/min}$;型材挤出后,开启前梁淬火装置,进行风冷冷却,型材经淬火后温度降到 204°C 以下,然后在冷床上冷却,达到 50°C 以下,冷却后进行淬火炉淬火,所述淬火炉淬火采用高度为 60m 的立式真空淬火炉,淬火温度 $480\pm 20^\circ\text{C}$,保温 $2\sim 4\text{h}$ 。

8. 根据权利要求3所述制备晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材的方法,其特征在于,所述步骤(6)具体包括如下步骤:

将淬火完成的型材进行拉伸矫直,拉伸率控制在 $0.5\sim 2\%$ 以内,温度 $\leq 50^\circ\text{C}$,每次只拉伸一根型材,且在摆料时型材之间要有间隔,夹头长度为 $250\sim 300\text{mm}$;然后按要求锯切,校正,时效,所述时效过程中时效温度为 $175\pm 5^\circ\text{C}$,时效时间为 $8\sim 14\text{h}$ 。

一种晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种铝合金及其制备方法,尤其是涉及一种晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材及其制备方法

背景技术

[0002] 6XXX 系铝合金是以镁和硅为主要合金元素并以 Mg_2Si 相为强化相的铝合金,属于热处理可强化合金。合金具有中等强度,耐蚀性高,无应力腐蚀破裂倾向,焊接性能良好,焊接区腐蚀性能不变,成形性和工艺性能良好等优点,其广泛应用于建筑型材、工业型材、大直径管材等领域。铝合金复印轮毂既要求保证长时间、连续重复的耐压、耐热效果,又要确保表面处理耐蚀、美观效果,运用铝合金制造的大型复印机轮毂具有以上的诸多优点,而且比重小,易更换,降低运行成本。然而目前 6XXX 系铝合金大壁厚挤压铝合金管材基体及表面晶粒粗大,阳极氧化后带有大块晶斑,因此,发明一种晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材是必要的。

发明内容

[0003] 本发明要解决的技术问题是提供一种防止阳极氧化后带有大块晶斑、晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材。

[0004] 一种晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材,其含有如下质量百分比的金属物质:

[0005] $Mg:1.0-1.15\%$, $Si:0.60-0.75\%$, $Cu:0.20-0.35\%$, $Fe:\leq 0.35\%$, $Mn:\leq 0.10\%$, $Cr:0.05-0.08\%$, $Zn:\leq 0.15\%$, $Ti:\leq 0.10\%$,其余为铝。

[0006] 本发明所述晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材,其含有如下质量百分比的金属物质:

[0007] $Mg:1.1\%$, $Si:0.65\%$, $Cu:0.30\%$, $Fe:0.12\%$, $Mn:0.02\%$, $Cr:0.06\%$, $Zn:0.05\%$, $Ti:0.04\%$,其余为铝。

[0008] 一种晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材的制备方法,其中,包括如下步骤:

[0009] (1) 投料前大清炉:投料前需将炉墙、炉底的浮渣铲下并连剩余铝液一并彻底清出炉外,去除杂质;

[0010] (2) 熔化:计算金属原料用量并按配比准备金属原料,所述金属原料包括:废料、铝锭及中间合金,所述中间合金为硅含量为 18-21% 铝硅,铜含量为 39-42% 的铝铜,铬含量为 3-4% 的铝铬,纯度 $\geq 99.90\%$ 的镁锭,所述废料为铝合金管材生产过程中产生的废料,占所述原料的重量百分数不超过 60%;

[0011] 将金属原料按照先加入小块或薄片废料,其次加入大块料,铝硅、铝铜、铝铬合金的顺序依次加入,所述中间合金中含有锰、锌、钛,金属原料完全融化后,再投入镁锭,当金属原料全部熔化后,在铝液表面撒上打渣剂进行除渣,待渣铝分离后,人工搅拌或开动永磁搅拌;

[0012] 然后取试样进行化学分析,所述化学分析具体包括如下步骤:在 730-750℃ 条件

下取三个试样,第一个试样预热试样模,不作分析,再取两个样进行分析,选择炉膛的中部和边部各取一个,要求取样深度大于 30cm,且边部的取样部位距离炉壁大于 50cm,取样分析如不达标,计算并进行调整各组分含量,直至产品各组分含量达到本发明的要求;

[0013] (3) 精炼和静置:熔化结束后在熔炼炉中进行第一次人工精炼,然后转入静置炉中进行第二次人工精炼,然后进行静置;

[0014] (4) 晶粒细化,铸造,均质;

[0015] (5) 挤出,淬火:均质后进行挤出,挤出后进行在线淬火,然后冷却后再在淬火炉中进行淬火;

[0016] (6) 拉伸矫直,时效。

[0017] 本发明所述制备晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材的方法,其中,步骤(1)具体包括如下步骤:

[0018] 采用蓄热式熔炼炉,投料前撒入 10kg 以上清渣剂,将炉温升至 800℃后,保温 3-5 分钟,用大铲将渣线、炉壁、炉底的浮渣铲下,并用铁耙一并将剩余铝液彻底清除炉外。

[0019] 本发明所述制备晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材的方法,其中,步骤(3)具体包括如下步骤:

[0020] 按 $1.5\text{kg/T} \cdot \text{Al}$ 计算精炼剂添加量并用氩气将其喷入熔炼炉中进行第一次精炼,精炼温度控制在 720-740℃,精炼时间 10-20 分钟,精炼时气泡高度在 200mm 以下,第一次人工精炼后转入静置炉,进行第二次精炼,精炼方法与第一次精炼相同,然后将 8-10Kg 覆盖剂均匀撒在铝液表面,进行静置,静置温度为 730-760℃,静置时间为 15-30min。

[0021] 本发明所述制备晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材的方法,其中,步骤(4)具体包括如下步骤:

[0022] 将静置后的铝液进行晶粒细化,将铝钛硼丝添加在陶瓷过滤板的上游,所述铝钛硼丝中钛和硼的质量百分数分别为 $5.0 \pm 0.5\%$ 和 $1.0 \pm 0.2\%$,所述铝钛硼丝添加量为所述金属原料总质量的 0.05-0.15%,铝钛硼丝添加部位位于铝液内部,利用石墨转子除气法除气、净化,除气机转速至少 350r/min,氩气工作流量控制在 $0.5-1\text{m}^3/\text{h}$,在过滤箱内放入无破裂的 30ppi-40ppi 过滤板,滤除其中的氧化夹杂物,铸造开始后在流槽熔体表面均匀撒上覆盖剂,要求完全覆盖熔体表面,铸造时流盘入口处熔体温度为 700-730℃,铸造起始速度 30mm/min,铸造爬升起始位置 50mm,铸造正常速度 $36 \pm 5\text{mm}/\text{min}$,铸造爬升结束位置 80mm,铸造起始水流量 2200L/min,铸造正常水流量 2800-3000L/min,水量爬升起始位置 30mm,水量爬升结束位置 60mm,油量控制时间 5/8s;铸造后装入均质炉,层与层之间、铸锭与铸锭之间用横梁间隔 50-100mm,均匀化温度为 $555 \pm 5^\circ\text{C}$,保温时间为 8-12h,冷却方式为大风急冷 2.5h,然后水冷 0.5h 以上,检查铸棒表面质量,对不合格的铸棒进行标记并切断重熔,表面合格的进行锯切,打印标示。

[0023] 本发明所述制备晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材的方法,其中,步骤(5)具体包括如下步骤:

[0024] 将挤压模具吊至模具加热炉中加热,模具温度控制在 450-480℃,保温时间不超 30h;模具温度达到设置温度后,将铝棒吊至铝棒加热炉中加热,铝棒上机温度控制在 $450 \pm 30^\circ\text{C}$;挤压筒温度控制在 440-460℃,加热完成后进行挤压,所述挤压过程压余厚度不低于 30mm,首锭应采用挤压温度的上限温度,即 460℃,挤压垫片涂抹润滑剂应均匀、少量,

控制铸锭墩粗速度,墩粗后进行排气操作,挤压压力在 0-28MPa 范围内从小到大变化,挤出制品表面温度控制在 450-500℃,型材挤出速度控制在 1 ± 0.5 m/min;型材挤出后,开启前梁淬火装置,进行风冷冷却,型材经淬火后温度降到 204℃ 以下,然后在冷床上冷却,达到 50℃ 以下,冷却后进行淬火炉淬火,所述淬火炉淬火采用高度为 60 米的立式真空淬火炉,淬火温度 480 ± 20 ℃,保温 2-4h。

[0025] 本发明所述制备晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材的方法,其中,步骤 (6) 具体包括如下步骤:

[0026] 将淬火完成的型材进行拉伸矫直,拉伸率控制在 0.5-2% 以内,温度 ≤ 50 ℃,每次只拉伸一根型材,且在摆料时型材之间要有间隔,夹头长度为 250-300mm;然后按要求锯切,校正,时效,所述时效过程中时效温度为 175 ± 5 ℃,时效时间为 8-14h。

[0027] 本发明晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材,与现有的铝型材相比:

[0028] Mg:1.0-1.15%, Si:0.60-0.75%, Cu:0.20-0.35%, Fe:0.35%, Mn:0.10%, Cr:0.05-0.08%, Zn:0.15%, Ti:0.10%, 其余为铝。

[0029] 硅含量由以前的 0.50-0.60% 调整为 0.60-0.75%, 镁含量元素不变,形成其主要强化作用的 Mg_2Si 二元相,因硅含量上调,除了形成 Mg_2Si 强化相之外,单晶硅含量增加,硅在 6XXX 合金中随着含量的增加,其强化效果明显,材料的伸长率也稍有提高。另外,合金中存在剩余硅和 Mg_2Si 时,当合金位于 $\alpha(Al)-Mg_2Si$ 二相区以及 Mg_2Si 相全部固溶于基体的单相区的合金,耐蚀性能最好,并无应力腐蚀破裂倾向。

[0030] 铜的作用,由以前的 0.15-0.25% 调整为 0.20-0.35%, Al-Mg-Si 合金中添加 Cu 后, Cu 在组织中的存在形式不仅取决于 Cu 的含量,而且受 Mg、Si 含量的影响,当 Cu 含量较多, Mg、Si 比小于 1.08 时,可能形成 $W(Al_4CuMg)$ 相,剩余的 Cu 则形成 $CuAl_2$, 合金中加入 Cu, 不仅显著改善了合金在热加工时的塑性,而且增加热处理强化效果,还能抑制挤压效应,降低合金因加入 Mn 后所出现的各项异性。

[0031] 铬的作用,由以前的 0.04-0.06% 调整为 0.05-0.08%, Cr 能抑制 Mg_2Si 相在晶界的析出,延缓自然时效过程,提高人工时效后的产品强度。另外, Cr 可细化晶粒,使再结晶后的晶粒呈细长状,提高合金的耐蚀性能。

[0032] 本发明制备晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材的方法,与现有技术不同之处在于:

[0033] 根据各合金元素在 6XXX 系合金中的不同作用,调整 6061 合金成分,主要是 Si、Cu、Cr 元素含量,控制合金杂质元素含量,例如 Fe、Mn、Zn 等,达到提高强度、伸长率的目的,又能经过挤压热处理细化型材晶粒,消除应力腐蚀开裂,提高型材的耐蚀性能和阳极氧化效果。

[0034] 通过铸造前大清炉,消除合金污染风险,提高合金的纯度,减少产品的杂质元素和碱金属,能很大程度上提高产品的内在质量和最终使用寿命。

[0035] 控制废料的添加比例,严格按照熔炼工艺参数要求温度和时间操作,在熔炼炉进行搅拌、精炼,除气、除渣,然后再在静止炉进行二次精炼工序,提高合金熔体的质量。

[0036] 铸造时,进行过滤、除气、在线添加铝钛硼丝细化晶粒,按照铸造参数操作,确保铸棒产品内外质量。另外,铸造后铝棒经过高温、长时均匀化退火处理,消除了偏析,成分均匀,组织均匀,降低了挤压变形抗力,易于挤压,型材强度得到明显提升。

[0037] 通过控制挤压过程中的模具温度、铝棒温度、挤压筒温度,缩小三者之间的温差,减少金属挤压变形及摩擦产生的热量,达到抑制晶粒再结晶的效果。然后再进行冷却后真空淬火炉,适当降低淬火温度和保温时间,在保证材料重新固溶的前提下,抑制晶粒的长大生长。通过人工热处理时效,设定一定的温度,适当延长保温时间,最终达到产品晶粒度和阳极氧化后满足标准要求。

具体实施方式

[0038] 实施例 1

[0039] 本发明要解决的技术问题是提供一种防止阳极氧化后带有大块晶斑、晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材。

[0040] 一种晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材,其含有如下质量百分比的金属物质:

[0041] Mg:1.0-1.15%, Si:0.60-0.75%, Cu:0.20-0.35%, Fe: $\leq 0.35\%$, Mn: $\leq 0.10\%$, Cr:0.05-0.08%, Zn: $\leq 0.15\%$, Ti: $\leq 0.10\%$, 其余为铝。

[0042] 本发明所述晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材,其含有如下质量百分比的金属物质:

[0043] Mg:1.1%, Si:0.65%, Cu:0.30%, Fe:0.12%, Mn:0.02%, Cr:0.06%, Zn:0.05%, Ti:0.04%, 其余为铝。

[0044] 一种晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材的制备方法,其中,包括如下步骤:

[0045] (1) 投料前大清炉:采用蓄热式熔炼炉,投料前撒入 10kg 以上清渣剂,将炉温升至 800℃后,保温 3-5 分钟,用大铲将渣线、炉壁、炉底的浮渣铲下,并用铁耙一并将剩余铝液彻底清除炉外;

[0046] (2) 熔化:计算金属原料用量并按配比准备金属原料,所述金属原料包括:废料、铝锭及中间合金,所述中间合金为硅含量为 18-21% 铝硅,铜含量为 39-42% 的铝铜,铬含量为 3-4% 的铝铬,纯度 $\geq 99.90\%$ 的镁锭,所述废料占所述原料的重量百分数不超过 60%;

[0047] 将金属原料按照先加入小块或薄片废料,其次加入大块料,铝硅、铝铜、铝铬合金的顺序依次加入,金属原料完全融化后,再投入镁锭,当金属原料全部熔化后,在铝液表面撒上打渣剂进行除渣,待渣铝分离后,人工搅拌或开动永磁搅拌;

[0048] 然后取试样进行化学分析,所述化学分析具体包括如下步骤:在 730-750℃条件下取三个试样,第一个试样预热试样模,不作分析,再取两个样进行分析,选择炉膛的中部和边部各取一个,要求取样深度大于 30cm,且边部的取样部位距离炉壁大于 50cm,取样分析如不达标,计算并进行调整各组分含量,直至产品各组分含量达到本发明的要求;

[0049] (3) 精炼和静置:按 1.5kg/T·Al 计算精炼剂添加量并用氩气将其喷入熔炼炉中进行第一次精炼,精炼温度控制在 720-740℃,精炼时间 10-20 分钟,精炼时气泡高度在 200 mm 以下,第一次人工精炼后转入静置炉,进行第二次精炼,精炼方法与第一次精炼相同,然后将 8-10Kg 覆盖剂均匀撒在铝液表面,进行静置,静置温度为 730-760℃,静置时间为 15-30min;

[0050] (4) 晶粒细化,铸造,均质:将静置后的铝液进行晶粒细化,将铝钛硼丝添加在陶瓷过滤板的上游,所述铝钛硼丝中钛和硼的质量百分数分别为 $5.0 \pm 0.5\%$ 和 $1.0 \pm 0.2\%$,

所述铝钛硼丝添加量为所述金属原料总质量的 0.05-0.15%，铝钛硼丝添加部位位于铝液内部，利用石墨转子除气法除气、净化，除气机转速至少 350r/min，氩气工作流量控制在 0.5-1m³/h，在过滤箱内放入无破裂的 30ppi-40ppi 过滤板，滤除其中的氧化夹杂物，铸造开始后在流槽熔体表面均匀撒上覆盖剂，要求完全覆盖熔体表面，铸造时流盘入口处熔体温度为 700-730℃，铸造起始速度 30mm/min，铸造爬升起始位置 50mm，铸造正常速度 36±5mm/min，铸造爬升结束位置 80mm，铸造起始水流量 2200L/min，铸造正常水流量 2800-3000L/min，水量爬升起始位置 30mm，水量爬升结束位置 60mm，油量控制时间 5/8s；铸造后装入均质炉，层与层之间、铸锭与铸锭之间用横梁间隔 50-100mm，均匀化温度为 555±5℃，保温时间为 8-12h，冷却方式为大风急冷 2.5h，然后水冷 0.5h 以上，检查铸棒表面质量，对不合格的铸棒进行标记并切断重熔，表面合格的进行锯切，打印标示；

[0051] (5) 挤出，淬火：将挤压模具吊至模具加热炉中加热，模具温度控制在 450-480℃，保温时间不超 30h；模具温度达到设置温度后，将铝棒吊至铝棒加热炉中加热，铝棒上机温度控制在 450±30℃；挤压筒温度控制在 440-460℃，加热完成后进行挤压，所述挤压过程压余厚度不低于 30mm，首锭应采用挤压温度的上限温度，即 460℃，挤压垫片涂抹润滑剂应均匀、少量，控制铸锭墩粗速度，墩粗后进行排气操作，挤压压力在 0-28MPa 范围内从小到大变化，挤出制品表面温度控制在 450-500℃，型材挤出速度控制在 1±0.5m/min；型材挤出后，开启前梁淬火装置，进行风冷冷却，型材经淬火后温度降到 204℃以下，然后在冷床上冷却，达到 50℃以下，冷却后进行淬火炉淬火，所述淬火炉淬火采用高度为 60 米的立式真空淬火炉，淬火温度 480±20℃，保温 2-4h；

[0052] (6) 拉伸矫直，时效：将淬火完成的型材进行拉伸矫直，拉伸率控制在 0.5-2% 以内，温度 ≤ 50℃，每次只拉伸一根型材，且在摆料时型材之间要有间隔，夹头长度为 250-300mm；然后按要求锯切，校正，时效，所述时效过程中时效温度为 175±5℃，时效时间为 8-14h。

[0053] 实施例 2

[0054] 一种制备晶粒细化的大壁厚挤压铝合金管材的方法，包括如下步骤：

[0055] (A) 铸造工艺：

[0056] (1) 进料检验

[0057] 使用只读光谱仪或化学分析对重熔铝锭（电解铝液）进行成分化验，对中间合金和添加剂使用只读光谱仪或化学分析、检查断口、内部显微组织、拉伸试验等方法进行进厂检验，符合采购要求的方可入库待用。

[0058] (2) 配料

[0059] 根据合金成分、熔炼炉装料量计算投料量：铝锭量（电解铝液）不得少于 40%，废料量不得超过 60%。投料前所有的原辅材料必须清洁干燥，车间工人按化验员计算配料数量称取物料：铝锭（电解铝液）、废料、中间合金。准备铸造用精炼剂、覆盖剂、打渣剂等添加剂。

[0060] (3) 装炉

[0061] 根据废料形态，先装入小块或薄片废料，其次加入棒头，然后加入铝锭（电解铝液），最后加入中间合金（装炉时不允许投入 Ti 剂、Mg 锭、Zn 锭），要求以分散的形式先加入低熔点的中间合金，再加入高熔点的中间合金。

[0062] (4) 熔化

[0063] 点火升温, 关闭炉门, 熔化温度: 700–760℃。炉料熔化后, 开启永磁搅拌器, 搅拌时间至少 20min。在熔化中后期, 测量铝液温度, 并记录。当物料全部融化后, 在铝液表面撒上普通打渣剂, 除渣剂用量: 10Kg 以上。除渣温度: 730–750℃, 待渣铝分离后, 全部扒出。除渣后根据配料要求, 加入添加剂及中间合金, 人工搅拌或开动永磁搅拌。

[0064] (5) 取样、成分调整

[0065] 取样温度: 730–750℃, 熔炼工在炉内取三个试样, 第一个试样预热试样模, 不作分析用; 再取两个样, 选择炉膛的中部和边部各取一个, 要求取样深度大于 30cm, 且边部的取样部位距离炉壁必须大于 50cm。进行成分分析, 取样分析如不达标, 按标准要求进行补料或冲淡, 补料冲淡温度: 730–760℃直至分析合格, 并记录。成分合格后, 将铝液从熔炼炉转入静置炉, 并记录。

[0066] (6) 精炼

[0067] 将热电偶插入炉膛中部, 温度控制在 720–740℃。按 1.5kg/T • Al 确定普通精炼剂用量, 将精炼剂装入容器, 用氩气喷入, 精炼时间 10–20 分钟, 精炼时气泡高度在 200 mm 以下, 并记录。待渣铝分离后, 用铁耙全部扒出。精炼工在炉内取三个试样, 第一个试样预热试样模, 不作分析用; 再取两个样, 选择炉膛的中部和边部各取一个, 要求取样深度大于 30cm, 且边部的取样部位距离炉壁必须大于 50cm。由化验员进行成分分析, 取样分析如不达标, 按标准要求进行补料或冲淡, 直至分析合格, 并记录。

[0068] (7) 覆盖

[0069] 将 8–10Kg 普通覆盖剂均匀撒在铝液表面。

[0070] (8) 静置

[0071] 关闭炉门, 确保静置温度为 730–760℃, 静置时间为 15–30 分钟。

[0072] (9) 晶粒细化

[0073] 使用铝钛硼丝, 所述铝钛硼丝中钛和硼的质量百分数分别为 $5.0 \pm 0.5\%$ 和 $1.0 \pm 0.2\%$, 添加量为铝液总质量的 0.05–0.15%, 钛硼丝添加部位必须位于铝液内部。

[0074] (10) 除气

[0075] 利用石墨转子除气法除气、净化, 除气机转速至少 350r/min。氩气工作流量控制在 $0.5\text{--}1\text{m}^3/\text{h}$ 。

[0076] (11) 过滤

[0077] 在过滤箱内放入无破裂的 30Ppi–40ppi 过滤板, 滤除其中的氧化夹杂物。每次铸造前检查过滤板有无破裂、安装是否紧密, 保证其与周边密封良好, 若发现异常, 及时更换。

[0078] (12) 铸造

[0079] 准备: 铸造翻板流道内的残铝、残渣及杂物必须清理干净, 流道破损的位置用修补料进行修补, 然后均匀涂上钛白粉, 用烧嘴进行烘烤 20 分钟以上, 烘干后将散落的钛白粉及其他杂质吹扫干净。为保证结晶器光滑, 如结晶器有较大划痕、磕碰伤时必须按 120 目、240 目、400 目砂纸的顺序沿垂直方向打磨, 如无较大划痕、磕碰伤时可以按 240 目、400 目砂纸的顺序沿垂直方向打磨。检查结晶器水孔是否堵塞, 若堵塞后水流不均匀, 用打磨后的焊条疏通, 若堵塞严重时必须拆开结晶器清理。模具流槽的流管内不允许使用硅酸铝毡, 必须使用耐火材料制成的下注管, 下注管内径必须上下一致。模具所使用的分流盘, 流眼的直径

大小一致,且均布,不允许有毛刺等缺陷,长时间使用导致的流眼大小不均匀,应及时进行更换。

[0080] 铸造:按照 6061 合金铸造要求设置铸造参数,铸造开始后打净流盘上面的浮渣,铸造稳定后禁止搅动表面熔体。铸造开始后在流槽熔体表面均匀撒上无钠覆盖剂,要求完全覆盖熔体表面。铸造时至少每隔 0.5m 润滑一次,保证铸棒表面质量。铸造 1 米时取成分化验。铸造结束后,铸造工取出漏斗时必须缓慢平稳操作,防止漏斗上的氧化物和漏斗底部的附着物进入熔体中形成缺陷。铸造结束时,必须打净浇口部的浮渣。打渣时动作要平稳,防止将浮渣搅入熔体中形成缺陷。铸造开始目测结晶器内液面不下降时,在四周用锤子对翻板进行敲击,防止空降。铸造结束停车时,将水流量减少至正常水流量的 1/5。铸造完毕,待过滤箱铝水放干冷却后,将铝水块的合金牌号用蜡笔进行标注再转到废料区,防止混料。铸造完毕,根据流盘位置用蜡笔对铝棒进行编号,并打钢印进行标识。

[0081] (13) 均质

[0082] 将铸锭装入均质炉,层与层之间、铸锭与铸锭之间用横梁间隔 50-100mm,保证均匀性。每 8 小时对热处理监控系统进行检查,形成记录并确认;每 2 小时记录一次各区温度。均质参数:均匀化温度为 $555 \pm 5^{\circ}\text{C}$,保温时间为 8-12h;冷却方式为大风急冷 2.5h,然后水冷 0.5h 以上。

[0083] (14) 锯切

[0084] 检查铸棒表面质量,对不合格的铸棒进行标记并切断重熔。切头切尾量大于等于铸锭直径。根据计划长度调整定尺,锯切后的成品铸锭长度、切斜偏差均不能大于规定要求,并填写记录。定尺棒如切得过长,需重新切割,若切得过短,可做其它计划处理或报废。锯切后,由锯切工使用钢印在锯切后的铸锭一端打印标识,打印要清楚、正确。锯切后,目视检查定尺铸棒的两端是否有内部裂纹,如有内部裂纹按报废处理,并记录。然后进行车皮处理,切除偏析层等缺陷。铸锭成分、低倍、显微组织等合格,入库待发货。

[0085] (B) 挤压工艺:

[0086] (1) 进锭检验

[0087] 对铸锭表面质量、长度、直径、合金牌号进行核对,符合要求的进行装炉。

[0088] (2) 装炉

[0089] 按生产计划单要求备模,吊至模具加热炉并准备加热,且需将需加热的模具及装炉时间记录,根据生产计划单要求,选用相对应的合金牌号、炉次号、尺寸圆铝棒,吊到炉后,推进炉内,且需将炉内加热的铝棒标识记录。

[0090] (3) 加热

[0091] 开启模具加热炉加热按钮,按照挤压工艺参数要求设定加热温度,模具温度控制在 $450-480^{\circ}\text{C}$,保温时间不超 30h。开启铝棒加热炉加热按钮,按照挤压工艺参数要求设定加热温度,铝棒上机温度控制在 $450 \pm 30^{\circ}\text{C}$ 。挤压筒温度控制在 $440-460^{\circ}\text{C}$ 。

[0092] (4) 挤出

[0093] 查看挤压设备及附属设备正常,当模具、铝棒温度满足工艺要求时,可以实施挤压;压余厚度不低于 30mm。防止挤压闷车,首锭应采用上限温度。为了防止缩尾、成层缺陷的增长,挤压垫片涂抹润滑剂应均匀、少量。控制铸锭墩粗速度,墩粗后进行排气操作。挤压压力应由小到大,挤出制品表面温度控制在 $450-500^{\circ}\text{C}$,型材挤出速度控制在 $1 \pm 0.5\text{m}/$

min,并记录。

[0094] (5) 在线淬火

[0095] 当型材挤出后,操作工应开启前梁淬火装置,进行风冷冷却。型材经淬火后,其温度应降到 204℃ 以下,并记录。

[0096] (6) 冷却

[0097] 挤压半成品型材经移动锯锯切后,由牵引机拉到划出台后辊道处。操作工启动摆料装置,半成品型材摆运到冷床区。半成品型材在冷床上冷却,需达到 50℃ 以下,转入拉伸矫直工序。

[0098] (7) 淬火炉淬火

[0099] 采用高度为 60m 的立式真空淬火炉进行淬火处理,淬火工艺 $480 \pm 20^\circ\text{C}$,保温 2-4h。

[0100] (8) 拉伸矫直

[0101] 型材的拉伸以拉直为主,拉伸率控制在 0.5-2% 以内。拉伸矫直温度 $\leq 50^\circ\text{C}$ 。拉伸时,为防止型材两端变形过大,必要时加上专用垫块,每次只允许拉伸一根型材,夹头长度为 250-300mm,并记录。

[0102] (9) 定尺锯切

[0103] 锯切型材头尾工艺残料,首料定尺长度确定后,检查定尺挡板是否牢固,并确保定尺长度符合公差要求。锯切型材装筐前应检查其表面质量,没有缺陷的方可装筐。型材在搬运过程中要轻拿轻放,层与层之间应用带毛毡带等隔离,避免碰伤、磕伤型材。装筐型材要将两端毛刺刻干净,铝屑吹净,并记录。

[0104] (10) 校正

[0105] 将型材转到校正工序,在转序过程中注意防护。对照图纸、技术协议,对型材进行预检,确定校正部门及校正方式,检查辊片、校正块是否完好,对变形的及时修理,损坏的及时更换,确保表面光滑。校正型材装框前应检查表面质量,合格装筐。型材在搬运过程中要轻拿轻放,避免磕碰伤,并记录。

[0106] (11) 时效

[0107] 操作工在装炉前,应检查型材内外表面是否有铝屑,如果有,应用风管将其吹干净。时效炉内不得混入木块(条)、破布、手套等杂物,防止燃烧造成制品过烧。当两层料框装炉时,下层料框制品高度不能高于料框高度。型材和性能样纵向摆放,严禁横向摆放阻碍通风,性能样应随炉摆放在型材的上面。制品装炉后,将炉门关严。时效制度 $175 \pm 5^\circ\text{C} \times (8-14)\text{h}$ 。时效炉启动工作后,要全面观察其运转情况,按时填写记录表。出炉时,应将每筐型材最上面的一支端头用记录笔标记热处理批次号。

[0108] (12) 最终检验

[0109] 按照技术协议要求,核对型材尺寸、低倍胀裂、力学性能、粗晶层等项目,合格转入下道工序。

[0110] 以上所述的实施例仅仅是对本发明的优选实施方式进行描述,并非对本发明的范围进行限定,在不脱离本发明设计精神的前提下,本领域技术人员对本发明的技术方案作出的各种变形和改进,均应落入本发明权利要求书确定的保护范围内。