



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102943193 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 08

(21) 申请号 201210533239. 6

JP H7-3353 A, 1995. 01. 06,

(22) 申请日 2012. 12. 11

JP 2002-327229 A, 2002. 11. 15,

WO 2010126085 A1, 2010. 11. 04,

(73) 专利权人 丛林集团有限公司

地址 265705 山东省烟台市龙口市丛林工业
区

审查员 张健苹

(72) 发明人 张培良 苏振佳 王刚 高安江
吴英杰 苏本显 徐群峰

(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 李云鹏

(51) Int. Cl.

G22C 21/10(2006. 01)

G22C 1/03(2006. 01)

G22C 1/06(2006. 01)

B22D 27/20(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101914710 A, 2010. 12. 15,

CN 101624671 A, 2010. 01. 13,

权利要求书1页 说明书5页

(54) 发明名称

硬质铝合金铸锭的精粒细化加工工艺

(57) 摘要

一种硬质铝合金铸锭的精粒细化加工工艺, 属于铝合金加工技术领域, 通过配料→熔炼→搅拌→测温→取样→调整成分及温度→倒炉→精炼(一次净化)→静置→在线加入 Al-Ti-B 丝→在线除气除渣(二次净化)→双级过滤→同水平热顶铸造→铸锭均匀化, 完成硬质铝合金铸锭的精粒细化加工。本发明加工出的铝合金铸锭具有良好的热变形性能, 挤压时经在线淬火有较高的强度, 制品的焊接性能, 耐腐蚀性能良好, 有一定的耐应力腐蚀性能, 特别是具有较强的吸收冲击能力和抗击折叠的性能。

1. 一种硬质铝合金铸锭的晶粒细化加工工艺,其特征在於:包括以下步骤:

(1) 先配料:合金的基体选用铝锭, Mg、Zn 元素以纯金属的形式加入,考虑 Cu、Cr、Ti、Zr 元素熔点较高,且在合金中含量较低,故以中间合金的形式加入;

(2) 之后采用蓄热式燃气炉熔炼,熔炼温度不超过 750℃;

(3) 在熔炼过程中,取样分析调整完化学成分和温度后即要抓紧倒炉, Si 的质量百分含量控制在 0.12%, Fe 的质量百分含量控制在 0.18%, Mg 的质量百分含量控制在 1.30% -1.50%, Mn 的质量百分含量控制在 0.30% -0.35%, Cu 的质量百分含量控制在 0.15%, Cr 的质量百分含量控制在 0.2% -0.23%, Zn 的质量百分含量控制在 4.30% -4.60%, Zr 的质量百分含量控制在 0.12% -0.15%, 非检测杂质单个质量百分含量控制在 0.05%, 总和控制在 0.15%, 尽量缩短熔体在炉内停留的时间,倒炉前对炉内熔体边倒炉边用永磁搅拌器对炉内的熔体进行三次充分搅拌,每次搅拌 10 分钟,正反转各 5 分钟,取样时温度为 720℃ 以上,且取样前预先对取样勺、试样模充分加热,以防止试样出现偏析现象,炉前化学成分分析合格后即可倒入静置炉;

(4) 熔体倒入静置炉后,用氩气喷吹无钠精炼剂进行精炼,精炼剂用量 1.5kg/t,精炼时间为 10min 以上,扒净熔体表面的浮渣,向熔体表面均匀的撒上 10kg 无钠覆盖剂;

(5) 为细化铸锭的晶粒,铸造时,在静置炉流口处用 Al-Ti-B 丝机加入 Al-Ti-B 丝,加入量小于 500mm/min;

(6) 为进一步提高熔体的纯洁度,用除气机进行第二次净化进一步除气除渣,除气机转子的转速 350r/min,工作时氩气用量 1.8m³/h,采用 30ppi 和 50ppi 的双级过滤滤除熔体中的氧化夹杂物;

(7) 待熔体撒上 10kg 无钠覆盖剂后 20min 内,用热顶同水平铸造法铸造铸锭,铸造温度为 700℃ -710℃,铸造速度为 30mm/min;

(8) 为消除铸锭的内应力及化学成分、组织的不均匀性,改善铸锭的加工性能,使最终制品获得良好的力学性能,需对铸锭进行均火,根据该合金的特性,均火温度 540±5℃,均火时升温速度 < 80℃ /h,保温时间 7h,冷却时转入冷却炉先强风冷 2h,再水冷 0.5h,最后出炉。

2. 如权利要求 1 所述的硬质铝合金铸锭的晶粒细化加工工艺,其特征在於:所述步骤(2)、(3)中,熔体在熔炼炉、静置炉内的停留时间均不得超过 2 小时。

3. 如权利要求 1 所述的硬质铝合金铸锭的晶粒细化加工工艺,其特征在於:所述步骤(5)中在线添加 Al-Ti-B 丝,添加量为小于 500mm/min,最终使合金达到 Ti 的质量百分含量为 0.06% -0.08%。

硬质铝合金铸锭的精粒细化加工工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及一种金属加工,具体涉及一种硬质铝合金铸锭的精粒细化加工工艺。

背景技术

[0002] 7N01 合金是日本铝合金标准中的合金,属于 Al-Zn-Mg 系合金。用该合金铸锭所生产的挤压型材一般都是高速铁路车体的受力结构件,如牵引梁、车架枕梁、端面梁等。如何加工出性能与 7N01 合金相近或更佳的铝合金铸锭,是目前国内同行业中待解决的问题。目前加工 7N01 合金在生产过程中,铸锭经常出现柱状晶、羽毛晶等缺陷。这些缺陷会在随后的生产中“遗传”给挤压材,降低了制品的力学性能。羽毛晶具有粗大平直的晶轴,力学性能有很强的各向异性,不仅破坏了工艺性能而且会大幅的降低力学性能,粗大柱状晶亦会降低铸锭的性能,特别是横向性,所以铸锭时不允许存在这些缺陷。产生柱状晶、羽毛晶的主要原因是该合金中含有 0.1% -0.2% 的 Zr,合金中加入 Zr 的目的是为了改善制品的焊接性能和细化焊缝的组织。但 Zr 的加入也带来了一些负面影响。Zr 会对添加到熔体中的 Al-Ti-B 丝的细化效果造成一定的不良影响。会在其起细化作用的 TiB_2 表面形成一层 B_2Zr 或 Zr 的包复层,从而抑制了 TiB_2 细化晶粒的特性。此外 Zr 还会置换 $TiAl_3$ 中的一些 Ti 形成 $(Ti_{1-x}Zr_x)Al_3$ 类型的三元固溶体。改变了其晶格常数和 $TiAl_3$ 的形核特性,而且随着 Zr 含量的增加而使晶粒粗化,这是由于在形成的三元相中 Zr 的摩尔份额增加,而降低了 $TiAl_3$ 的细化能力。因此 Zr 的加入量不合适时,会导致 Al-Ti-B 对铸锭的细化效果减弱或失效。形成了铸锭中产生粗晶、柱状晶的条件。也会形成柱状晶的变种——羽毛状晶的生成条件。根据金属结晶理论一般冷却度小,所得到的组织是粗大的等轴晶。但在冷却速度较大时,特别是接近或超过 $100^\circ /S$ 也会出现柱状晶或羽毛状晶。在铸造速度降低时,会使冷却强度加大。也能形成柱状晶的生成条件。有时也会出现羽毛晶。熔体过热或局部过热或熔体在炉内停留时间过长会造成熔体中的自发形核粒子减少或失去活性。如此时铸造工艺调配不当必然会产生柱状晶或羽毛晶。

发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种硬质铝合金铸锭的精粒细化加工工艺,加工出的铝合金铸锭具有良好的热变形性能,挤压时经在线淬火有较高的强度,制品的焊接性能,耐腐蚀性能良好,有一定的耐应力腐蚀性能,特别是具有较强的吸收冲击能力和抗击折叠的性能。

[0004] 为了实现上述方案,本发明的技术解决方案为:一种硬质铝合金铸锭的精粒细化加工工艺,其特征在于:包括以下步骤:

[0005] (1) 先配料:合金的基体选用铝锭,Mg、Zn 元素以纯金属的形式加入,考虑 Cu、Cr、Ti、Zr 元素熔点较高,且在合金中含量较低,故以中间合金的形式加入;

[0006] (2) 之后采用蓄热式燃气炉熔炼,熔炼温度不超过 $750^\circ C$;

[0007] (3) 在熔炼过程中,取样分析调整完化学成分和温度后即要抓紧倒炉, Si 的质量百分含量控制在 0.12%, Fe 的质量百分含量控制在 0.18%, Mg 的质量百分含量控

制在 1.30% -1.50%，Mn 的质量百分含量控制在 0.30% -0.35%，Cu 的质量百分含量控制在 0.15%，Cr 的质量百分含量控制在 0.2% -0.23%，Zn 的质量百分含量控制在 4.30% -4.60%，Zr 的质量百分含量控制在 0.12% -0.15%，非检测杂质单个质量百分含量控制在 0.05%，总和控制在 0.15%，尽量缩短熔体在炉内停留的时间，倒炉前对炉内熔体边倒炉边用永磁搅拌器对炉内的熔体进行三次充分搅拌，每次搅拌 10 分钟，正反转各 5 分钟，取样时温度为 720℃ 以上，且取样前预先对取样勺、试样模充分加热，以防止试样出现偏析现象，炉前化学成分分析合格后即可倒入静置炉；

[0008] (4) 熔体倒入静置炉后，用氩气喷吹无钠精炼剂进行精炼，精炼剂用量 1.5kg/t，精炼时间为 10min 以上，扒净熔体表面的浮渣，向熔体表面均匀的撒上 10kg 无钠覆盖剂；

[0009] (5) 为细化铸锭的晶粒，铸造时，在静置炉流口处用 Al-Ti-B 丝机加入 Al-Ti-B 丝，加入量小于 500mm/min；

[0010] (6) 为进一步提高熔体的纯洁度，用除气机进行第二次净化进一步除气除渣，除气机转子的转速 350r/min，工作时氩气用量 1.8m³/h，采用 30ppi 和 50ppi 的双级过滤滤除熔体中的氧化夹杂物；

[0011] (7) 待熔体撒上 10kg 无钠覆盖剂后 20min 内，用热顶同水平铸造法铸造铸锭，铸造温度为 700℃ -710℃，铸造速度为 30mm/min；

[0012] (8) 为消除铸锭的内应力及化学成分、组织的不均匀性，改善铸锭的加工性能，使最终制品获得良好的力学性能，需对铸锭进行均火，根据该合金的特性，均火温度 540±5℃，均火时升温速度 < 80℃ /h，保温时间 7h，冷却时转入冷却炉先强风冷 2h，再水冷 0.5h，最后出炉。

[0013] 本发明硬质铝合金铸锭的精粒细化加工工艺，其中所述步骤 (2)、(3) 中，熔体在熔炼炉、静置炉内的停留时间均不得超过 2 小时。

[0014] 本发明硬质铝合金铸锭的精粒细化加工工艺，其中所述步骤 (5) 中在线添加 Al-Ti-B 丝，添加量为小于 500mm/min，最终使合金达到 Ti 的质量百分含量为 0.06% -0.08%。

[0015] 采用上述方案后，本发明硬质铝合金铸锭的精粒细化加工工艺及其生产工艺，通过控制非铝合金 Zn 的质量百分含量为 4.30% -4.60%，Mg 为 1.30% -1.50%，在合金中，Zn、Mg 共存时形成了一系列的新相，使合金有强烈的时效硬化效应，通过控制 Cu 的质量百分含量在 0.15%，提高合金的耐应力腐蚀、抗拉强度和塑性，通过控制 Zr 的质量百分比为 0.12% -0.15%，不仅能够显著地提高合金的焊接性能，还能急剧的提高合金的再结晶终了温度和耐应力腐蚀性能，通过控制 Mn 的质量百分含量 0.30% -0.35%，Cr 在 0.2% -0.23%，故对合金的断裂性不会带来不良影响，将 Fe 的质量百分含量控制在 0.18%，其与合金中的 Si 元素形成 FeAlSi 化合物，使 Mg₂Si 脆性相在晶界和枝晶界呈不连续状态存在，从而降低合金的热裂纹倾向，通过控制 Si 的质量百分含量在 0.12%，消除了合金中产生粗晶、柱状晶的内在原因，通过控制 Ti 的质量百分含量为 0.06% -0.08%，消除了粗晶、柱状晶产生的外在条件，能细化合金的铸态晶粒，而且使合金的强度、韧性、耐磨性、抗疲劳性能及热稳定性均有所提高，通过控制熔炼温度不超过 750℃，加强熔体的搅拌，增加 Al-Ti-B 丝的添加量，将 Ti 成分控制在 0.06% -0.08%，消除了粗晶、柱状晶产生的外在条件；在熔炼过程中通过水磁搅拌器搅拌，倒炉时边搅拌边倒炉，在静置炉中，加强搅拌

缩短熔体在炉内停留的时间,有效防止 Zn、Zr 的比重偏析;熔体采取二次净化和,双级过滤工艺措施对保证铸锭的内部纯洁度,有效提高制品的性能;热顶铸造可以提高铸锭的内、外部质量,为制品组织和性能的提高奠定了基础条件;根据制品的使用特性要求,采用了双级时效是正确的,即保证了制品具有较高的强度,又保证了制品有足够的塑性。

[0016] 本发明的进一步有益效果是:在步骤(2)、(3)中,熔体在熔炼炉、静置炉内的停留时间均不得超过 2 小时,进一步消除了粗晶、柱状晶产生的外在条件。

[0017] 本发明的进一步有益效果是:步骤(5)中在线添加 Al-Ti-B 丝,添加量为小于 500mm/min,最终使合金达到 Ti 的质量百分含量为 0.06% -0.08%,进一步消除了粗晶、柱状晶产生的外在条件,能细化合金的铸态晶粒,而且使合金的强度、韧性、耐磨性、抗疲劳性能及热稳定性均有所提高。

具体实施方式

[0018] 本发明硬质铝合金铸锭的精粒细化加工工艺,包括如下步骤;

[0019] (1) 先配料:合金的基体选用 99.85 牌号的铝锭,Mg、Zn 元素以纯金属的形式加入,考虑 Cu、Cr、Ti、Zr 元素熔点较高,且在合金中含量较低,故以中间合金的形式加入;

[0020] (2) 之后采用蓄热式燃气炉熔炼,熔炼温度不超过 750°C,熔体在熔炼炉内的停留时间不超过 2 小时;

[0021] (3) 在熔炼过程中,取样分析调整完化学成分和温度后即要抓紧倒炉, Si 的质量百分含量控制在 0.12%, Fe 的质量百分含量控制在 0.18%, Mg 的质量百分含量控制在 1.30% -1.50%, Mn 的质量百分含量控制在 0.30% -0.35%, Cu 的质量百分含量控制在 0.15%, Cr 的质量百分含量控制在 0.2% -0.23%, Zn 的质量百分含量控制在 4.30% -4.60%, Zr 的质量百分含量控制在 0.12% -0.15%, 非检测杂质单个质量百分含量控制在 0.05%, 总和控制在 0.15%, 尽量缩短熔体在炉内停留的时间,倒炉前对炉内熔体边倒炉边用永磁搅拌器对炉内的熔体进行三次充分搅拌,每次搅拌 10 分钟,正反转各 5 分钟,取样时温度为 720°C 以上,且取样前预先对取样勺、试样模充分加热,以防止试样出现偏析现象,炉前化学成分分析合格后即可倒入静置炉,熔体在静置炉内的停留时间不超过 2 小时;

[0022] (4) 熔体倒入静置炉后,用氩气喷吹无钠精炼剂进行精炼,精炼剂用量 1.5kg/t,精炼时间为 10min 以上,扒净熔体表面的浮渣,向熔体表面均匀的撒上 10kg 无钠覆盖剂;

[0023] (5) 为细化铸锭的晶粒,铸造时,在静置炉流口处用 Al-Ti-B 丝机加入 Al-Ti-B 丝,加入量小于 500mm/min,最终使合金达到 Ti 的质量百分含量为 0.06% -0.08%;

[0024] (6) 为进一步提高熔体的纯洁度,用除气机进行第二次净化进一步除气除渣,除气机转子的转速 350r/min,工作时氩气用量 1.8m³/h,采用 30ppi 和 50ppi 的双级过滤滤除熔体中的氧化夹杂物;

[0025] (7) 待熔体撒上 10kg 无钠覆盖剂后 20min 内,用热顶同水平铸造法铸造铸锭,铸造温度为 700°C -710°C,铸造速度为 30mm/min;

[0026] (8) 为消除铸锭的内应力及化学成分、组织的不均匀性,改善铸锭的加工性能,使最终制品获得良好的力学性能,需对铸锭进行均火,根据该合金的特性,均火温度 540±5°C,均火时升温速度 < 80°C /h,保温时间 7h,冷却时转入冷却炉先强风冷 2h,再水冷

0.5h,最后出炉。

[0027] 上述熔铸工艺参数:表 1

内容 数值 铸次	熔炼温 度℃	熔炼炉 熔体停 留(min)	熔体静 止炉停 留时间 (min)	铸造温 度℃	铸造速 度 mm/min	冷却水 压 Mpa	Al-Ti-B 添加量 mm/min	其它
	41328	750	180	160	720	20	0.05	230
41449	740	80	90	708	28	0.02	468	
[0028] 41450	750	70	50	710	26	0.03	470	
41451	750	65	80	708	27	0.02	472	
41452	750	50	70	705	29	0.02	460	
41453	750	50	50	710	29	0.03	470	
41454	740	60	60	705	28	0.02	480	
41455	750	70	80	706	28	0.02	460	
[0029] 41456	740	80	60	710	27	0.02	458	

[0030] 化学成分:表 2

元素 检测结果% 铸次	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Zr	其它
	7N01 JIS 标准	0.3	0.35	0.20	0.2-0.7	1.0-2.0	0.30	4.0-5.0	0.05	0.08-0.2
41328	0.1	0.17	0.031	0.32	1.43	0.20	4.51	0.039	0.13	
41449	0.13	0.19	0.059	0.30	1.45	0.20	4.50	0.054	0.13	
[0031] 41450	0.13	0.20	0.050	0.30	1.44	0.21	4.60	0.033	0.14	
41451	0.17	0.19	0.083	0.32	1.53	0.15	4.54	0.032	0.13	
41452	0.13	0.20	0.054	0.30	1.58	0.12	4.47	0.043	0.14	
41453	0.11	0.19	0.044	0.33	1.42	0.20	4.53	0.032	0.14	
41454	0.13	0.17	0.040	0.30	1.44	0.20	4.56	0.04	0.13	
41455	0.13	0.16	0.044	0.33	1.43	0.20	4.44	0.057	0.14	
41456	0.12	0.17	0.036	0.32	1.47	0.20	4.50	0.057	0.12	

[0032] 铸锭低倍检查结果:表 3

检验内容 检测结果 铸次	裂纹	气孔疏松	夹渣	光亮晶粒	粗大晶	晶粒级别	化合物	羽毛状晶	判断结果
41449	无	无	无	无	无	三级	无	无	合格
41450	无	无	无	无	无	一级	无	无	合格
[0033] 41451	无	无	无	无	无	一级	无	无	合格
41452	无	无	无	无	无	三级	无	无	合格
41453	无	无	无	无	无	一级	无	无	合格
41454	无	无	无	无	无	二级	无	无	合格
41455	无	无	无	无	无	二级	无	无	合格
[0034] 41456	无	无	无	无	无	三级	无	无	合格

[0035] 从表 1、表 2、表 3 中可见,随着措施的落实,铸锭的柱状晶、羽毛晶的已完全解决。

[0036] 铸锭中的柱状晶、羽毛晶均会降低铸锭的力学性能,特别是横向的性能。对有无羽毛晶铸锭横向性能的检验对比见表 4

[0037] 表 4

性能检测	拉伸强度 N/mm ²	屈服强度 N/mm ²	断后伸长率 A%
铸锭			
[0038] 有羽毛晶的铸锭	179.7	94	10.83
无羽毛晶的铸锭	193	117.3	15.33

[0039] 从表中可见有羽毛晶的铸锭的横向拉伸强度、屈服强度、断面伸长率分别比无羽毛晶的铸锭低 1.68%、6.9%、29.4%。

[0040] 以上所述实施例仅仅是对本发明的优选实施方式进行了描述,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,本领域普通工程技术人员对本发明的技术方案作出的各种变形和改进(包括类似材料焊接时,使用镍基合金作为过渡层),均应落入本发明的权利要求书确定的保护范围内。