



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104946942 A

(43) 申请公布日 2015. 09. 30

(21) 申请号 201510335370. 5

(22) 申请日 2015. 06. 17

(71) 申请人 广东省工业技术研究院 (广州有色金属研究院)

地址 510651 广东省广州市天河区长兴路
363 号

申请人 广州金邦有色金属合金有限公司

(72) 发明人 王顺成 牛艳萍 郑开宏 范卫患
陈学文 许德英

(74) 专利代理机构 广东世纪专利事务所 44216
代理人 千知化

(51) Int. Cl.

G22G 21/08(2006. 01)

G22G 21/02(2006. 01)

G22G 1/03(2006. 01)

G22F 1/043(2006. 01)

G22F 1/047(2006. 01)

G22F 1/05(2006. 01)

权利要求书1页 说明书5页

(54) 发明名称

一种液态模锻成形用铝合金

(57) 摘要

本发明公开了一种液态模锻成形用铝合金,由以下成分及其质量百分比组成:Mg0. 6~1. 2%, Si0. 4~0. 8%, Zn0. 3~0. 6%, Mn0. 2~0. 5%, Er0. 2~0. 5%, Li0. 1~0. 4%, Sr0. 1~0. 3%, Ti0. 025~0. 075%, C0. 005~0. 015% 和混合稀土 0. 1~0. 4%,其余为Al 和不可避免的杂质。本发明液态模锻成形用铝合金具有强度高、塑性好、热裂倾向小、耐腐蚀、可氧化着色的优异综合性能。

1. 一种液态模锻成形用铝合金,其特征在于由以下成分及质量百分比组成: Mg0.6~1.2%, Si0.4~0.8%, Zn0.3~0.6%, Mn0.2~0.5%, Er0.2~0.5%, Li0.1~0.4%, Sr0.1~0.3%, Ti0.025~0.075%, C0.005~0.015% 和混合稀土 0.1~0.4%,其余为 Al 和不可避免的杂质。

2. 根据权利要求 1 所述的液态模锻成形用铝合金,其特征在于由以下成分及质量百分比组成: Mg0.8~1.1%, Si0.6~0.8%, Zn0.4~0.5%, Mn0.3~0.4%, Er0.3~0.4%, Li0.2~0.3%, Sr0.2~0.3%, Ti0.025~0.05%, C0.005~0.01% 和混合稀土 0.2~0.3%,其余为 Al 和不可避免的杂质。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的液态模锻成形用铝合金,其特征在于由以下成分及质量百分比组成: Mg1.0%, Si 0.6%, Zn 0.4%, Mn0.3%, Er0.3%, Li0.3%, Sr0.2%, Ti0.05%, C0.01% 和混合稀土 0.3%,其余为 Al 和不可避免的杂质。

一种液态模锻成形用铝合金

技术领域

[0001] 本发明属于合金制备领域,具体涉及一种液态模锻成形用铝合金。

背景技术

[0002] 液态模锻是将金属液浇注到模具型腔中,在压力直接作用下使金属液凝固与成形。液态模锻成形是铸锻相结合的一种金属成形技术,它既具有铸造的工艺简单、生产成本低、可成形形状复杂零部件的优点,又具有模锻零部件的晶粒细密、组织均匀、力学性能好、成形精度高的特点,在电子电器、汽车、轨道交通、航空航天、武器装备等领域具有广阔的应用前景。

[0003] 目前,用于液态模锻成形的金属材料主要为铸造铝合金,包括 Al-Si 系铸造铝合金和 Al-Cu 系铸造铝合金。Al-Si 系铸造铝合金的典型牌号有我国的 ZL101、美国的 A356 和 A380、日本的 ADC10 和 ADC12 等。Al-Si 系铸造铝合金的共同特点是铸造性能较好,具体表现为铝合金液流动性好,热裂倾向小,但塑性较差,且不能进行表面氧化着色处理。Al-Cu 系铸造铝合金的典型牌号有我国的 ZL205A、美国的 A201 和 A206、法国的 A-U5GT 等。Al-Cu 系铸造铝合金的共同特点是强度较高,但铸造性能一般,热裂倾向较大,且不耐腐蚀。

[0004] 随着液态模锻技术的发展,越来越多的液态模锻零部件都希望采用变形铝合金来进行生产,以满足零部件高强韧、耐腐蚀和氧化着色等需要。以 6061、6063 等牌号为代表的 Al-Mg-Si 系变形铝合金具有良好的塑性、耐腐蚀性能和氧化着色性能,但 Al-Mg-Si 系变形铝合金的强度一般,特别是铝合金液的流动性较差,用于液态模锻成形时,具体表现为补缩困难,热裂倾向大,液态模锻零部件容易出现收缩裂纹和缩孔等缺陷。

发明内容

[0005] 针对现有铝合金存在的问题与不足,本发明提供了一种强度高、塑性好、热裂倾向小、耐腐蚀、可氧化着色的液态模锻成形用铝合金。

[0006] 为实现上述目的,本发明的液态模锻成形用铝合金由以下成分及质量百分比组成: Mg0.6~1.2%, Si0.4~0.8%, Zn0.3~0.6%, Mn0.2~0.5%, Er0.2~0.5%, Li0.1~0.4%, Sr0.1~0.3%, Ti0.025~0.075%, C0.005~0.015% 和混合稀土 0.1~0.4%,其余为 Al 和不可避免的杂质。

[0007] 优选的成分及质量百分比为: Mg0.8~1.1%, Si0.6~0.8%, Zn0.4~0.5%, Mn0.3~0.4%, Er0.3~0.4%, Li0.2~0.3%, Sr0.2~0.3%, Ti0.025~0.05%, C0.005~0.01% 和混合稀土 0.2~0.3%,其余为 Al 和不可避免的杂质。

[0008] 最佳的成分及质量百分比为: Mg1.0%, Si 0.6%, Zn 0.4%, Mn0.3%, Er0.3%, Li0.3%, Sr0.2%, Ti0.05%, C0.01% 和混合稀土 0.3%,其余为 Al 和不可避免的杂质。

[0009] 本发明的液态模锻成形用铝合金采用现有普通熔炼工艺配制而成,原材料为工业铝锭、镁锭、锌锭、铝锰合金、铝钪合金、铝锂合金、铝锆合金、铝钛碳合金和混合稀土;浇注温度为 710~760℃,液态模锻成形的比压为 75~125MPa;热处理方法为在 540~550℃固溶处

理 1~2 小时,水淬后,在 190~200℃时效处理 12~16 小时,然后随炉空冷。

[0010] 本发明的液态模锻铝合金的成分及质量百分比的选择理由和依据如下:

Mg :Mg 与 Si 在时效热处理过程会析出 Mg_2Si 强化相,是铝合金的主要强化相。Mg 含量越高, Mg_2Si 强化相越多,铝合金的强度越高。但 Mg 含量过高也会降低铝合金的塑形。因此,Mg 含量选择在 0.6~1.2% 较为合适,优选含量 0.8~1.1%,最佳含量 1.0%。

[0011] Si :Si 在铝合金中作用,首先是与 Mg 形成 Mg_2Si 强化相,增强铝合金的强度,其次是可以改善铝合金液的流动性,减小热裂倾向。Si 含量越高,铝合金的强度越高,铝合金液的流动性越好,热裂倾向越小。但是当 Si 含量超过 1.2% 时,会使铝合金的阳极氧化光度变差,出现表面发灰、发黑、颜色不均等现象。因此,Si 含量选择在 0.4~0.8%,优选含量 0.6~0.8%,最佳含量 0.6%。

[0012] Zn :Zn 与 Mg 可形成 $MgZn_2$ 强化相增强铝合金的强度,并增加铝合金液的共晶液相体积分数,改善铝合金液的流动性,减小热裂倾向。但 Zn 含量过高也会降低铝合金的塑性,因此,选择添加 0.3~0.6% 的 Zn,优选含量 0.4~0.5%,最佳含量 0.4%。

[0013] Mn :Mn 与 Al 可形成 $MnAl_6$ 化合物弥散质点,首选是可细化铝合金的再结晶晶粒,阻碍再结晶晶粒的长大。其次是可溶解铝合金中的杂质元素 Fe,消除杂质元素 Fe 的有害影响,从而提高铝合金的耐腐蚀性能,因此,选择添加 0.2~0.5% 的 Mn,优选含量 0.3~0.4%,最佳含量 0.3%。

[0014] Er :Er 与 Al 可形成热力学稳定的 Al_3Er 相,既有细化铝合金晶粒的作用,还能固溶到铝基体中析出纳米尺寸的 Al_3Er 相,钉扎位错、亚晶及晶界,提高铝合金的强度和塑性,因此,选择添加 0.2~0.5% 的 Er,优选含量 0.3~0.4%,最佳含量 0.3%。

[0015] Li :Li 与 Al 可形成 Al_3Li 强化相,提高铝合金的强度和塑性。Li 还是一种表面活性元素,可降低铝合金液的表面张力,提高铝合金液的流动性,因此,选择添加 0.1~0.4% 的 Li,优选含量 0.2~0.3%,最佳含量 0.3%。

[0016] Sr :Sr 是共晶 Si 的变质元素,具有变质效果好、持续性和再现性好的优点,可显著细化共晶 Si 的尺寸,增加铝合金液流动性。因此,选择添加 0.1~0.3% 的 Sr,优选含量 0.2~0.3%,最佳含量 0.2%。

[0017] Ti、C :Ti 和 C 是以 Al-Ti-C 合金形式加入,Al-Ti-C 合金是一种高效晶粒细化剂,具有持续时间长、细化效果稳定等优点,可显著细化铝合金的晶粒,提高铝合金液的流动性和组织均匀性,因此,选择添加 0.025~0.075% 的 Ti,0.005~0.015% 的 C;优选含量 Ti0.025~0.05%,C0.005~0.01%;最佳含量 Ti0.05%,C0.01%。

[0018] 混合稀土 :混合稀土含有镧、铈、镨、钕、钐、铕、钆、铈、铉、铊、铋、镱、镱、铷、铯和钇共 17 中稀土元素,稀土元素化学性质活泼,添加 0.1~0.4% 的混合稀土,对铝合金有细化晶粒组织、净化铝合金液、减少气体和夹杂物含量的作用,既可以提高铝合金液流动性,还能提高铝合金接受阳极氧化的能力,改善铝合金的氧化着色性能,优选含量 0.2~0.3%,最佳含量 0.3%。

[0019] 本发明的液态模锻成形用铝合金具有以下优点:

(1) 强度高、塑性好。在液态模锻成形比压 $\geq 75MPa$ 和热处理条件下,抗拉强度大于 380MPa,伸长率大于 12%,适合于液态模锻成形各种受力结构件。

[0020] (2) 热裂倾向小。本发明通过增加共晶液相的含量、细化晶粒、净化熔体、降低铝合

金液的表面张力等措施,使铝合金液具有良好的流动性,增强了铝合金的补缩能力,从而减小铝合金的热裂倾向,可以避免液态模锻零部件产生收缩裂纹和缩孔等缺陷。

[0021] (3)耐腐蚀。本发明的液态模锻成形用铝合金不含有易引起电化学腐蚀的 Cu 元素,并且加入了适量的 Mn 元素,消除了杂质元素 Fe 的有害影响,确保铝合金具有优异的耐腐蚀性能。

[0022] (4)可氧化着色。本发明的液态模锻成形用铝合金的 Si 含量低于 1.2%,确保液态模锻铝合金可以进行氧化着色处理。并添加了适量的混合稀土,提高了铝合金接受阳极氧化的能力,可以增加阳极氧化膜的厚度,使铝合金具有优异的氧化着色性能。

具体实施方式

[0023] 实施例 1

含有 Mg1.0%, Si0.6%, Zn0.4%, Mn0.3%, Er0.3%, Li0.3%, Sr0.2%, Ti0.05%, Co0.01% 和混合稀土 0.3%,其余为 Al 和不可避免的杂质。

[0024] 步骤一:按表 1 配料。

[0025] 表 1 配料表

原材料	规格	用量(质量%)
铝锭	Al99.7	87.2
镁锭	Mg99.9	1
结晶硅	Si99.9	0.6
锌锭	Zn99.9	0.4
铝锰合金	Al-20Mn	1.5
铝铒合金	Al-10Er	3
铝锂合金	Al-10Li	3
铝锶合金	Al-10Sr	2
铝钛碳合金	Al-5Ti-1C	1
混合稀土	Re99.9	0.3

步骤二:熔炼。在中频感应电炉内加热熔化铝锭并升温至 740℃,然后依次加入镁锭、结晶硅、锌锭、铝锰合金、铝铒合金、铝锂合金、铝锶合金、铝钛碳合金和混合稀土,搅拌熔化后,用六氯乙烷粉末精炼剂对铝合金液进行精炼,除渣后得到液态模锻成形用铝合金液。

[0026] 步骤三:液态模锻成形。液态模锻机为 200 吨四柱油压机,模具为 H13 不锈钢锻模,铝合金液的浇注温度为 740℃,液态模锻的比压分别为 75、100 和 125MPa,液态模的锻速度为 0.08 米/秒,保压时间为 20 秒钟,液态模锻铝合金的直径为 150 毫米,厚度为 40 毫米。

[0027] 步骤四:热处理。将液态模锻铝合金放入热处理炉内,在 545℃固溶处理 1.5 小时,水淬后,再在 195℃时效处理 14 小时,然后随炉空冷。

[0028] 采用光电直读光谱仪对本实施例液态模锻铝合金的成分及质量百分比进行检测。

[0029] 将液态模锻铝合金切割成条形方块试样,再按中华人民共和国国家标准 GB/T16865-2013 将条形方块试样加工成标准拉伸试样,然后在电子拉伸机机上进行室温拉伸,拉伸速度为 2 毫米/分钟,不同比压下拉伸力学性能如表 2 所示。

[0030] 表 2 不同比压下拉伸力学性能

比压 (MPa)	75	100	125
抗拉强度 (MPa)	384	386	391

伸长率 (%)	12.5	12.3	12.2
---------	------	------	------

实施例 2

含有 Mg0.8%, Si0.6%, Zn0.3%, Mn0.2%, Er0.3%, Li0.2%, Sr0.2%, Ti0.05%, Co.01% 和混合稀土 0.4%, 其余为 Al 和不可避免的杂质。

[0031] 步骤一:按表 3 配料。

[0032] 表 3 配料表

原材料	规格	用量(质量 %)
铝锭	Al99.7	90.9
镁锭	Mg99.9	0.8
结晶硅	Si99.9	0.6
锌锭	Zn99.9	0.3
铝锰合金	Al-20Mn	1
铝铪合金	Al-10Er	3
铝锂合金	Al-10Li	2
铝锶合金	Al-10Sr	2
铝钛碳合金	Al-5Ti-1C	1
混合稀土	Re99.9	0.4

步骤二:熔炼。在中频感应电炉内加热熔化铝锭并升温至 710℃, 然后依次加入镁锭、结晶硅、锌锭、铝锰合金、铝铪合金、铝锂合金、铝锶合金、铝钛碳合金和混合稀土, 搅拌熔化后, 用六氯乙烷粉末精炼剂对铝合金液进行精炼, 除渣后得到液态模锻成形用铝合金液。

[0033] 步骤三:液态模锻成形。液态模锻机为 200 吨四柱油压机, 模具为 H13 不锈钢锻模, 铝合金液的浇注温度为 710℃, 液态模锻的比压分别为 75、100 和 125MPa, 液态模锻的速度为 0.08 米/秒, 保压时间为 20 秒钟, 液态模锻铝合金的直径为 150 毫米, 厚度为 40 毫米。

[0034] 步骤四:热处理。将液态模锻铝合金放入热处理炉内, 在 540℃ 固溶处理 2 小时, 水淬后, 再在 190℃ 时效处理 16 小时, 然后随炉空冷。

[0035] 检测方法同实施例 1。不同比压下拉伸力学性能如表 4 所示。

[0036] 表 4 不同比压下液态模锻铝合金的拉伸力学性能

比压 (MPa)	75	100	125
抗拉强度 (MPa)	381	385	390
伸长率 (%)	12.7	12.4	12.3

实施例 3

含有 Mg1.2%, Si0.8%, Zn0.6%, Mn0.5%, Er0.5%, Li0.4%, Sr0.3%, Ti0.075%, Co.015% 和 0.4% 的混合稀土, 其余为 Al 和不可避免的杂质。

[0037] 步骤一:按表 5 配料。

[0038] 表 5 配料表

原材料	规格	用量(质量 %)
铝锭	Al99.7	80
镁锭	Mg99.9	1.2
结晶硅	Si99.9	0.8
锌锭	Zn99.9	0.6
铝锰合金	Al-20Mn	2.5
铝铪合金	Al-10Er	5
铝锂合金	Al-10Li	4
铝锶合金	Al-10Sr	3
铝钛碳合金	Al-5Ti-1C	1.5

混合稀土	Re99.9	0.4
------	--------	-----

步骤二：熔炼。在中频感应电炉内加热熔化铝锭并升温至 760℃，然后依次加入镁锭、结晶硅、锌锭、铝锰合金、铝铈合金、铝锂合金、铝锆合金、铝钛碳合金和混合稀土，搅拌熔化后，用六氯乙烷粉末精炼剂对铝合金液进行精炼，除渣后得到液态模锻成形用铝合金液。

[0039] 步骤三：液态模锻成形。液态模锻机为 200 吨四柱油压机，模具为 H13 不锈钢锻模，铝合金液的浇注温度为 760℃，液态模锻的比压分别为 75、100 和 125MPa，液态模锻的速度为 0.08 米 / 秒，保压时间为 20 秒钟，液态模锻铝合金的直径为 150 毫米，厚度为 40 毫米。

[0040] 步骤四：热处理。将液态模锻铝合金放入热处理炉内，在 550℃固溶处理 1 小时，水淬后，再 200℃时效处理 12 小时，然后随炉空冷。

[0041] 检测方法同实施例 1。不同比压下拉伸力学性能如表 6 所示。

[0042] 从表 2、4 和 6 可看出，本发明的液态模锻铝合金的抗拉强度大于 380MPa，伸长率大于 12%。

[0043] 表 6 不同比压下液态模锻铝合金的拉伸力学性能

比压 (MPa)	75	100	125
抗拉强度 (MPa)	389	394	397
伸长率 (%)	12.3	12.2	12.1