



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101376937 B

(45) 授权公告日 2011.05.18

(21) 申请号 200810199018.3

学术年会暨 2008 年福建省铸造学术年会论文集》. 2008, 424-427.

(22) 申请日 2008.10.08

审查员 王涛

(73) 专利权人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路  
381 号

(72) 发明人 赵海东 张克武 李元元 张卫文

(74) 专利代理机构 广州市华学知识产权代理有限公司 44245

代理人 盛佩珍

(51) Int. Cl.

C22C 21/02 (2006.01)

C22F 1/043 (2006.01)

(56) 对比文件

张克武等. 挤压铸造 Al-Si-Cu 合金固溶热处理的组织与性能. 《第十二届全国特种铸造及有色合金学术年会、第六届全国铸造复合材料

权利要求书 1 页 说明书 4 页

(54) 发明名称

一种挤压铸造铝硅铜合金材料

(57) 摘要

本发明涉及铝合金材料,具体是一种采用挤压铸造技术,并分别采用固溶热处理(T4 热处理)和固溶热处理+完全人工时效(T6 热处理)工艺制备的挤压铸造铝硅铜合金材料;其主要成分及其质量百分比含量为:硅 5.30~6.20%,铜 3.80~4.30%,微量合金强化元素 0.60~0.91%,杂质元素铁为 0.20~0.30%,其余为铝和不可避免的微量杂质。本发明不仅具有较高的强度和良好的塑性,且铸造成形性能好,原材料成本低、来源方便;特别适用于制造具有轻量化和减重要求的零部件,在汽车、航空等工业中有着十分广阔的应用前景。

1. 一种挤压铸造铝硅铜合金材料,其特征在于:采用挤压铸造技术,并采用固溶热处理或固溶热处理+完全人工时效工艺制备的挤压铸造铝硅铜合金材料;其主要成分及其质量百分比含量为:硅5.30~6.20%,铜3.80~4.30%,微量合金强化元素0.60~0.91%,杂质元素铁为0.20~0.30%,其余为铝和不可避免的微量杂质;所添加的微量合金强化元素为:镁0.19~0.40%,钛0.24~0.30%,硼0.01~0.03%,锌0.08~0.09%,锰0.08~0.09%。

2. 根据权利要求1所述的一种挤压铸造铝硅铜合金材料,其特征在于:采用A356、工业铝锭、铝铜合金和铝钛硼合金配制而成。

## 一种挤压铸造铝硅铜合金材料

### 技术领域

[0001] 本发明涉及铝合金材料,具体是指一种力学性能优良和铸造成形性好的挤压铸造铝硅铜合金材料。

### 背景技术

[0002] 汽车零部件的轻量化是汽车减重而实现节能的主要途径之一。它既可以通过采用轻金属来实现,也可以通过采用高强度材料来实现。铝合金强韧化涵括了零部件轻量化发展的上述两个方面,因而备受广泛重视。

[0003] 铝合金主要有变形铝合金和铸造铝合金两大类。变形铝合金通过挤压、轧制、拉拔、锻造等手段减少了缺陷,细化了晶粒,提高了组织致密度,因而强度高、韧性好,得到了广泛的应用。但是,变形铝合金对加工设备和工装模具要求高、工序多,因而生产周期长、成本很高。与变形铝合金相比,铸造铝合金具有工艺流程短、易于生产形状复杂的零部件、即可小批量生产也可大批量生产等诸多优点,广泛适用于汽车零部件的成形制造。

[0004] A356 (Al-7% Si-0.4% Mg) 是目前使用最为广泛的铸造铝合金,具有优异的铸造成形性能,良好的抗磨损和抗腐蚀性能,Fe 元素含量不超过 0.25%,因此,铸件的浇冒系统和报废铸件可以回炉重新使用,提高了材料利用率,可降低生产成本。但是,该合金在 T6 热处理后,其参照抗拉强度为 290MPa,伸长率为 3%,力学性能偏低,在使用该合金进行零部件“以铝代铁”的换代中,通常要改变零件结构设计,增加零件壁厚等,降低了“以铝代铁”的减重效果。

[0005] 为了提高铸造铝合金的性能,各国研究者开发了一些高强度铸造铝合金,法国牌号的 A-U5GT 合金、美国铝协会牌号的 A201.0 合金和我国牌号的 ZL205A 合金是其中的典型代表。这些铸造铝合金都属于 Al-Cu-Mn 系合金,但这些高强度铸造铝合金存在以下不足:

[0006] 1) 这些合金结晶温度范围宽,铸造性能很差,具体表现为偏析和热裂倾向严重、流动性较差、补缩困难,容易出现缩孔、缩松等缺陷;同时,难以应用于刚性模生产,主要采用砂型铸造工艺进行零件的成形,成形零件性能与试棒性能相差很远,与刚性模铸造成形相比,成形零件表面质量不高,尺寸精度差。

[0007] 2) 为了获得良好的性能,上述合金对杂质元素含量的控制非常严格,如 A-U5GT 合金要求铁控制在 0.1% 以下,ZL205A 合金要求铁控制在 0.15% 以下,因此,原材料需要使用成本贵的高纯铝锭,且工艺控制的难度大,铸件的浇冒系统和报废铸件难以回收利用,实际工业应用困难。

[0008] 3) 为了获得良好的性能,这些合金还需要添加一些贵重合金元素,如美国铝协会牌号 201.0 合金 (AlCu4AgMgMn) 含有 0.40 ~ 1.00% 的银,国标 ZL205A 合金中含有镉等贵金属,导致这些合金材料的成本较高。

[0009] 4) 这些合金熔点高,均超过 630℃,为了保证铸造成形需要,通常熔炼温度达到 750℃,合金烧损、氧化、吸气严重,能源消耗大;此外,这些合金液态金属粘度达到 0.4Pa·s,约为 Al-Si 系合金的 4 倍,精炼处理中清渣、除气困难,铸件易出现缺陷。

[0010] 铝硅铜系 (Al-Si-Cu) 铸造合金, 利用 Si 元素可提高成形和抗腐蚀性能, 以及 Cu 元素的固溶强化作用, 提高合金的抗拉强度。但是, 现有该系列铸造合金由于成分及制备方法的不足, 力学性能不高, 其中 ZL105A (4.50 ~ 5.50% Si, 1.00 ~ 1.50% Cu, 0.40 ~ 0.55% Mg, 其余为 Al) 参照的力学性能最高, T5 状态下抗拉强度和延伸率分别达到 290MPa 和 2% (《铸造工程师手册》, 机械工业出版社, 2001 年)。

[0011] 挤压铸造是一种结合铸造和锻造特点于一体的成形工艺, 兼有铸造和锻造的优点。挤压铸造成形技术主要针对轻合金, 可获得内部组织致密、晶粒细小、表面光洁的优质挤压铸造件, 具有广泛的适用性、技术上的领先性和经济上的低成本, 是一种获得高性能铸件的液态成形技术。通过优化与改进铝合金化学成分, 开发高性能铝合金新材料, 同时结合挤压铸造成形工艺, 提高成形零件的力学性能, 可实现零件的高性能化和轻量化, 在汽车、航空等工业中有着十分广阔的应用前景。

### 发明内容

[0012] 本发明的目的在于针对现有铸造铝合金的不足, 通过优化合金成分设计和采用挤压铸造工艺开发出一种力学性能优良和铸造成形性好的挤压铸造铝硅铜合金材料, 以实现铸造铝合金零件的高性能化和轻量化。

[0013] 本发明的目的可以通过如下措施来实现:

[0014] 一种挤压铸造铝硅铜合金材料, 其特征在于: 采用挤压铸造技术, 并分别采用固溶热处理 (T4 热处理) 和固溶热处理 + 完全人工时效 (T6 热处理) 工艺制备的挤压铸造铝硅铜合金材料; 其主要成分及其质量百分比含量为: 硅 5.30 ~ 6.20%, 铜 3.80 ~ 4.30%, 微量合金强化元素 0.60 ~ 0.91%, 杂质元素铁为 0.20 ~ 0.30%, 其余为铝和不可避免的微量杂质; 所添加的微量合金强化元素为: 镁 0.19 ~ 0.40%, 钛 0.24 ~ 0.30%, 硼 0.01 ~ 0.03%, 锌 0.08 ~ 0.09%, 锰 0.08 ~ 0.09%。

[0015] 上述原材料采用 A356、工业铝锭、铝铜合金和铝钛硼合金配制而成。

[0016] 本发明合金与现有铸造铝合金相比具有如下突出的优点:

[0017] 1、本发明的合金材料同时具有较高的强度和良好的塑性。例如, 在挤压比压为 75MPa, 淬火 + 完全人工时效 (T6) 热处理条件下, 本发明合金材料的典型力学性能为: 抗拉强度 370MPa, 伸长率 5.1%, 大幅超过现有 A356、ZL105A 合金的力学性能。

[0018] 2、本发明铝合金含有硅 5.30 ~ 6.20%, 合金熔炼温度为 720 ~ 730°C, 粘度低, 精炼处理易于除气、清渣, 在铸造成形性能方面, 与 A356、ZL105 合金相当, 而明显优于 ZL205、A201 合金。

[0019] 3、本发明合金的要求杂质元素铁控制在 0.30% 即可, 对比 ZL205A 合金, 可以采用成本较低的 99.8% 工业铝锭作为原材料, 合金旧料可回收重熔铸造。

[0020] 4、本发明合金不含银、镉等重金属, 成本低于 ZL205A、A201 合金。

[0021] 5、综上所述, 本发明不仅具有较高的强度和良好的塑性, 且铸造成形性能好, 原材料成本低、来源方便; 特别适用于制造具有轻量化和减重要求的零部件, 在汽车、航空等工业中有着十分广阔的应用前景。

## 具体实施方式

[0022] 下面通过实施例对本发明作进一步的说明,本发明实施方式不仅限于此。实施例一:

[0023] 步骤一:配料

[0024]

成分	规格	质量百分比用量
铝硅镁合金 (A356)	7.00% Si, 0.45% Mg, 0.10% Mn, 0.25% Fe, 0.10% Zn, 0.20% Ti, 其余为铝	88.30%
铝铜合金	50.00% Cu, 0.90% Fe, 其余为铝	7.60%
工业铝锭	0.15% Fe, 0.02% Mn, 0.03% Zn, 其余为铝	2.10%
铝钛硼合金	5.00% Ti, 1.00% B, 其余为铝	2.00%

[0025] 步骤二:熔炼

[0026] 合金在石墨坩埚电阻炉中熔炼。加料前将坩埚烧至暗红,炉温在 300 ~ 400℃时,同时加入 A356 铝硅镁合金和工业铝锭;700℃时加入铝铜合金;720℃时加入铝钛硼合金,然后搅拌 3min。用商用固体精炼剂在 720 ~ 730℃下精炼除气、除渣,加少量覆盖剂,静置 5min,搅拌均匀后在 700℃下浇注。

[0027] 步骤三:挤压铸造

[0028] 挤压铸造用压机为 100 吨四柱液压机,在直接挤压铸造模具上进行,挤压比压分别为 25, 50, 75MPa, 挤压速度为 0.01 ~ 0.03m/s, 保压 30s 左右,铸件外形为长 100mm × 宽 80mm × 高 40mm。

[0029] 步骤四:热处理

[0030] 将铸件切割成条形方块进行热处理,热处理炉为带鼓风机的电阻炉,温控精度 ±1℃。采用的热处理工艺分别为 T4 和 T6, T4 工艺参数为:495℃固溶 6 小时,室温水淬; T6 工艺参数为:495℃固溶 6 小时,室温水淬,然后在 170℃下时效 6 小时,空冷。

[0031] 通过上述步骤获得的合金材料含有硅 6.18%, 铜 3.80%, 镁 0.40%, 钛 0.29%, 硼 0.02%, 锌 0.09%, 锰 0.09%, 铁 0.29%, 其余为铝和不可避免的杂质。不同比压下合金材料 T4 和 T6 热处理后的力学性能如表 1 和表 2 所示。

[0032] 表 1 不同挤压比压下 T4 热处理后的合金力学性能

[0033]

挤压比压	25MPa	50MPa	75MPa
抗拉强度 (MPa)	319	325	330
伸长率 (%)	7.36	8.52	7.25

[0034] 表 2 不同挤压比压下 T6 热处理后的合金力学性能

[0035]

挤压比压	25MPa	50MPa	75MPa
抗拉强度 (MPa)	328	362	368
伸长率 (%)	3.52	4.40	5.02

[0036] 实施例二:

[0037] 步骤一:配料

[0038]

