



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106917016 A

(43)申请公布日 2017.07.04

(21)申请号 201710128882.3

(22)申请日 2017.03.06

(71)申请人 桂林航天工业学院

地址 541004 广西壮族自治区桂林市七星  
区金鸡路2号

(72)发明人 陈元华 王国富 唐学帮 刘运强

(74)专利代理机构 济南方宇专利代理事务所  
(普通合伙) 37251

代理人 俞波

(51) Int. Cl.

*G22C 21/08*(2006.01)

*G22C 21/02*(2006.01)

*G22C 1/03*(2006.01)

权利要求书2页 说明书5页

(54)发明名称

车体轻量化用铝合金板材及其制备方法

(57)摘要

本发明涉及一种车体轻量化用铝合金板材及其制备方法,其特征在于,其化学组分按质量百分比为:Mg:1.2-2.2%、Si:0.8-1.5%、Fe:0.1-0.3%、Mn:0.2-0.8%、Cu:0.2-0.5%、Zr:0.05-0.2%、Cr:0.01-0.5%、La:0.05-0.2%、Zn $\leq$ 0.2%、Ti $\leq$ 0.1%,其它杂质元素单个含量 $\leq$ 0.05%,其它杂质元素总含量 $\leq$ 0.15%,余量为Al;该车体轻量化用铝合金板材的制备方法是经熔炼、精炼、铸造、均匀化、切头铣面、热轧、中间退火、冷轧和固溶处理得到;本发明的车体轻量化用铝合金板材具有较高烘烤硬化性能且成形性能较好,通过合理优化合金中各元素的含量及热处理工艺,使得铝合金板材具有较好的综合性能。

1. 一种车体轻量化用铝合金板材,其特征在于,其化学组分按质量百分比为:Mg:1.2-2.2%、Si:0.8-1.5%、Fe:0.1-0.3%、Mn:0.2-0.8%、Cu:0.2-0.5%、Zr:0.05-0.2%、Cr:0.01-0.5%、La:0.05-0.2%、Zn $\leq$ 0.2%、Ti $\leq$ 0.1%,其它杂质元素单个含量 $\leq$ 0.05%,其它杂质元素总含量 $\leq$ 0.15%,余量为Al。

2. 根据权利要求1所述的车体轻量化用铝合金板材,其特征在于,其化学组分按质量百分比为:Mg:1.5-2.0%、Si:1.0-1.2%、Fe:0.2-0.25%、Mn:0.3-0.5%、Cu:0.3-0.4%、Zr:0.1-0.15%、Cr:0.1-0.3%、La:0.1-0.15%、Zn $\leq$ 0.2%、Ti $\leq$ 0.1%,其它杂质元素单个含量 $\leq$ 0.05%,其它杂质元素总含量 $\leq$ 0.15%,余量为Al。

3. 如权利要求1或2所述的车体轻量化用铝合金板材的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

(1) 熔炼:先将铝锭投入真空熔炼炉中进行熔炼,铝锭开始熔化后加入速溶硅、铝锰中间合金、铝铬中间合金和铝锆中间合金,铝锭完全熔化后加入阴极铜和镁锭,熔炼过程中加入精炼剂,并对铝熔体进行扒渣,分析铝熔体成分合格后转入保温炉,熔炼温度为720-750 $^{\circ}$ C,熔炼时间为4-8小时,精炼剂加入量为铝锭重量的2-5%;

(2) 精炼:经熔炼的铝熔体转至倾翻式保温炉进行炉内精炼,将铝熔体流经除气装置进行除气精炼,除气精炼采用氩气和氯气的混合气体,除气精炼后将铝熔体静置10-15min再进行过滤除渣,在过滤除渣之前通过喂丝机向除气精炼出口流槽中的铝熔体连续添加Al-Ti-C晶粒细化剂进行晶粒细化处理,经过过滤除渣的铝熔体直接进行浇铸;

(3) 铸造:采用半连续铸造,将铝熔体浇铸成铝合金铸锭,铸造温度为695-715 $^{\circ}$ C,铸造速度为35-55mm/min,铸造过程中冷却水流量为20-90m<sup>3</sup>/h;

(4) 均匀化:将铝合金铸坯送入热均热炉中,在500-550 $^{\circ}$ C温度下保温20-35h;

(5) 切头铣面:对经过均匀化的铝合金铸锭两端进行锯头,并对铝合金铸锭铣面;

(6) 热轧:热轧前先将铝合金铸锭转移到预热炉中,在450-510 $^{\circ}$ C温度进行预热,预热时间为4-6h,然后将铝合金铸锭送入热轧机中进行热轧,热轧开轧温度为500-560 $^{\circ}$ C,终轧温度为430-500 $^{\circ}$ C,制得热轧铝合金板材;

(7) 中间退火:将经过热轧的铝合金板材在410-430 $^{\circ}$ C下进行中间退火,保温时间为2-4h;

(8) 冷轧:将经过中间退火的铝合金板材冷轧至规定的厚度,得到铝合金板材;

(9) 固溶处理:将铝合金板材进行固溶淬火,固溶淬火温度为540-550 $^{\circ}$ C,固溶淬火时间为30-35分钟,固溶淬火后进行双级时效处理,第一级120 $^{\circ}$ C时效2-3小时,第二级170 $^{\circ}$ C时效8-10小时。

4. 根据权利要求3所述的车体轻量化用铝合金板材的制备方法,其特征在于:所述精炼剂包括以下重量份数的原料:K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 30-40份、氟铝酸钾15-20份、氟钛酸钾10-15份、LiCl 5-10份、MgCl<sub>2</sub> 5-10份、Mg<sub>3</sub>N<sub>2</sub> 5-10份、BaCO<sub>3</sub> 5-10份、C<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub> 2-5份。

5. 根据权利要求3所述的车体轻量化用铝合金板材的制备方法,其特征在于:所述除气装置的转子速度为300-550rpm,氩气流量为0.5-4.0m<sup>3</sup>/h,氩气压力100-400Kpa,

氯气流量0.1-2.0m<sup>3</sup>/h,氯气压力为50-300Kpa。

6. 根据权利要求3所述的车体轻量化用铝合金板材的制备方法,其特征在于:所述除渣采用三级除渣,第一级除渣采用玻璃纤维双层过滤布,第二级除渣采用50-70ppi陶瓷过滤

板,第三级除渣采用深床过滤器,深床过滤器内设有多层氧化铝球和氧化铝沙砾层组成的多孔性介质。

7.根据权利要求3所述的车体轻量化用铝合金板材的制备方法,其特征在于:所述均匀化过程为先将铸锭升温至200℃,升温速度为25-30℃/h,保温4-5h,然后将铸锭从200℃升温至500-550℃,升温速度为60-80℃/h,保温10-15h,最后空气自然冷却至室温。

## 车体轻量化用铝合金板材及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种铝合金加工技术领域,具体涉及一种适用于物流车辆车厢用的车体轻量化用铝合金板材及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 汽车产业在世界各地蓬勃发展的同时,也带来环境污染和能源短缺两大严重的社会问题。这促使汽车产业将持续发展的核心放在能源和环保上,而以汽车轻量化为主导的先进汽车材料技术是实现这一目标的重要保证,因此轻量化成为未来汽车技术发展的主要方向。汽车材料是影响汽车重量的重要因素,对节能能源及改善污染都有相当程度的影响。在新能源技术发展尚未成熟,汽车减重无疑是降低能耗及污染的最佳途径。采用轻质材料是减轻汽车重量最简单的方法。因此,轻质汽车材料成为当前汽车工业开发研究的热点。

[0003] 所谓的车体轻量化,就是采用科学的方法和手段对汽车产品进行优化设计,在确保汽车综合性能指标的前提下,通过使用新型材料,尽可能降低汽车产品自身重量,达到减重、降耗、环保、安全的综合目标。研究表明,汽车所用燃料约60%消耗于汽车自重,汽车的质量每减轻100kg,每公里所用燃料将减少0.4L-0.8L,CO<sub>2</sub>排放也将减少。燃油效率提高,意味着降低汽车的耗油量和排污量,在同样的输出功率下,较轻的车对于发动机来说就是较轻的负载,汽车的操控稳定性也有所提高。所以减少汽车车体重量对降低发动机的功耗和减少汽车总重量具有双重的效应。

[0004] 对于物流车辆而言,车厢自重占整车重量比例较大,减轻车厢的重量已成为物流企业关注的焦点。由于铝的比重约为钢的1/3,铝合金被公认是汽车轻量化的理想材料。物流车辆车厢轻量化是大势所趋,铝合金车厢与其他材料相比,能有效降低非载荷重量,而且铝材可回收性强,造型美观,节约能耗,散热性好,耐腐蚀,耐疲劳,成为未来物流车厢制造业替代钢材的首先材料。

[0005] 我国汽车产业的高速发展,对原材料的消耗量越来越大,同时也要求汽车产业使用可持续应用的材料。我国是铝资源丰富的国家,应用铝及铝合金无疑是汽车产业可持续发展的重要保证,因此,研制汽车车体轻量化用铝合金具有重要的意义。目前市场上使用的铝合金,其使用强度并非理想,特别对于可实施低温烤漆工艺的新型6系列合金的开发,以及具有更高烘烤硬化性能的铝合金开发等。整体而言,目前的6系列铝合金汽车板材的综合性能一般,普遍采用低合金化以牺牲部分强度来获得高的成形性能,或者通过牺牲成形性能来获得高强度,很难达到烤漆前成形性和烘烤硬化后高强度的良好配合。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的是为了克服现有技术的不足,提供一种具有较高烘烤硬化性能且成形性能较好的车体轻量化用铝合金板材及其制备方法,通过合理优化合金中各元素的含量及热处理工艺,使得铝合金板材具有较好的综合性能。

[0007] 本发明是这样实现的:

一种车体轻量化用铝合金板材,其特征在于,其化学组分按质量百分比为:Mg:1.2-2.2%、Si:0.8-1.5%、Fe:0.1-0.3%、Mn:0.2-0.8%、Cu:0.2-0.5%、Zr:0.05-0.2%、Cr:0.01-0.5%、La:0.05-0.2%、Zn $\leq$ 0.2%、Ti $\leq$ 0.1%,其它杂质元素单个含量 $\leq$ 0.05%,其它杂质元素总含量 $\leq$ 0.15%,余量为Al。

[0008] 进一步优选,车体轻量化用铝合金板材的化学组分按质量百分比为:Mg:1.5-2.0%、Si:1.0-1.2%、Fe:0.2-0.25%、Mn:0.3-0.5%、Cu:0.3-0.4%、Zr:0.1-0.15%、Cr:0.1-0.3%、La:0.1-0.15%、Zn $\leq$ 0.2%、Ti $\leq$ 0.1%,其它杂质元素单个含量 $\leq$ 0.05%,其它杂质元素总含量 $\leq$ 0.15%,余量为Al。

[0009] 本发明车体轻量化用铝合金板材的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

(1)熔炼:先将铝锭投入真空熔炼炉中进行熔炼,铝锭开始熔化后加入速溶硅、铝锰中间合金、铝铬中间合金和铝锆中间合金,铝锭完全熔化后加入阴极铜和镁锭,熔炼过程中加入精炼剂,并对铝熔体进行扒渣,分析铝熔体成分合格后转入保温炉,熔炼温度为720-750 $^{\circ}$ C,熔炼时间为4-8小时,精炼剂加入量为铝锭重量的2-5%;

(2)精炼:经熔炼的铝熔体转至倾翻式保温炉进行炉内精炼,将铝熔体流经除气装置进行除气精炼,除气精炼采用氩气和氯气的混合气体,除气精炼后将铝熔体静置10-15min再进行过滤除渣,在过滤除渣之前通过喂丝机向除气精炼出口流槽中的铝熔体连续添加Al-Ti-C晶粒细化剂进行晶粒细化处理,经过过滤除渣的铝熔体直接进行浇铸;

(3)铸造:采用半连续铸造,将铝熔体浇铸成铝合金铸锭,铸造温度为695-715 $^{\circ}$ C,铸造速度为35-55mm/min,铸造过程中冷却水流量为20-90m<sup>3</sup>/h;

(4)均匀化:将铝合金铸坯送入热均热炉中,在500-550 $^{\circ}$ C温度下保温20-35h;

(5)切头铣面:对经过均匀化的铝合金铸锭两端进行锯头,并对铝合金铸锭铣面;

(6)热轧:热轧前先将铝合金铸锭转移到预热炉中,在450-510 $^{\circ}$ C温度进行预热,预热时间为4-6h,然后将铝合金铸锭送入热轧机中进行热轧,热轧开轧温度为500-560 $^{\circ}$ C,终轧温度为430-500 $^{\circ}$ C,制得热轧铝合金板材;

(7)中间退火:将经过热轧的铝合金板材在410-430 $^{\circ}$ C下进行中间退火,保温时间为2-4h;

(8)冷轧:将经过中间退火的铝合金板材冷轧至规定的厚度,得到铝合金板材;铝合金板材的厚度为1.0-2.0mm;

(9)固溶处理:将铝合金板材进行固溶淬火,固溶淬火温度为540-550 $^{\circ}$ C,固溶淬火时间为30-35分钟,固溶淬火后进行双级时效处理,第一级120 $^{\circ}$ C时效2-3小时,第二级170 $^{\circ}$ C时效8-10小时。

[0010] 进一步优选,所述精炼剂包括以下重量份数的原料:K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 30-40份、氟铝酸钾15-20份、氟钛酸钾10-15份、LiCl 5-10份、MgCl<sub>2</sub>5-10份、Mg<sub>3</sub>N<sub>2</sub> 5-10份、BaCO<sub>3</sub> 5-10份、C<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub> 2-5份。

[0011] 进一步优选,所述除气装置的转子速度为300-550rpm,氩气流量为0.5-4.0m<sup>3</sup>/h,氩气压力100-400Kpa,

氯气流量0.1-2.0m<sup>3</sup>/h,氯气压力为50-300Kpa。

[0012] 进一步优选,所述除渣采用三级除渣,第一级除渣采用玻璃纤维双层过滤布,第二级除渣采用50-70ppi陶瓷过滤板,第三级除渣采用深床过滤器,深床过滤器内设有多层氧

化铝球和氧化铝沙砾层组成的多孔性介质。

[0013] 进一步优选,所述均匀化过程为先将铸锭升温至200℃,升温速度为25-30℃/h,保温4-5h,然后将铸锭从200℃升温至500-550℃,升温速度为60-80℃/h,保温10-15h,最后空气自然冷却至室温。

[0014] 本发明的突出的实质性特点和显著的进步是:

1、本发明通过对铝合金板材中的镁、硅、铁、锰、铜等成分进行微调,合理优化合金中各元素的含量及熔炼、热处理工艺,使得铝合金板材具有较高烘烤硬化性能且冲压成型性能较好、耐蚀性好、易着色,具有较好的综合性能。

[0015] 2、本发明通过添加微量的稀土La元素,能够显著改善铝合金板材的金相组织,细化晶粒,去除铝合金板材中气体和有害杂质,减少铝合金板材的裂纹源,从而提高铝合金的强度,改善加工性能,还能改善铝合金板材的耐热性、可塑性及可锻性,提高硬度、增加强度和韧性。

[0016] 3、本发明采用除气装置和三级除渣装置清除铝液中的氧化物、非金属夹杂物和其他有害金属杂质,使得铝合金铸锭中的H含量控制在0.1ml/100gAl以下,能够显著提高除气效率和除气质量,减少铝合金铸锭的裂纹、疏松、针状气孔、夹杂等铸造缺陷,使铸锭成品率达到98%以上。

[0017] 4、本发明铝合金铸锭均匀化采用阶梯式加热,能够充分消除枝晶组织和低熔点共晶组织的目的外,还能使镁、硅、锰等元素弥散均匀分布,为后续轧制、固溶和时效处理过程中形成均匀、细小析出相奠定了基础,保证后期变形加工组织和产品最终的综合性能。

[0018] 5、本发明铝合金板材在熔炼过程中加入铝合金无钠精炼剂,不引入杂质钠,除气、除渣效果更好,用量少,熔炼后的铝合金铸锭的微观组织致密性均匀,基本无疏松、夹渣等缺陷,增加了铝合金铸锭的内部组织的均匀性与晶粒的细化,改善了后工序铝合金板材的质量与加工性能,铝合金铸锭成品率由原来的95%提高到98%。

## 具体实施方式

[0019] 实施例1

铝合金板材的化学组分按质量百分比为:

Mg:1.2-2.2%、Si:0.8-1.5%、Fe:0.1-0.3%、Mn:0.2-0.8%、Cu:0.2-0.5%、Zr:0.05-0.2%、Cr:0.01-0.5%、La:0.05-0.2%、Zn $\leq$ 0.2%、Ti $\leq$ 0.1%,其它杂质元素单个含量 $\leq$ 0.05%,其它杂质元素总含量 $\leq$ 0.15%,余量为Al。

[0020] 其制备方法为:

(1)熔炼:先将铝锭投入真空熔炼炉中进行熔炼,铝锭开始熔化后加入速溶硅、铝锰中间合金、铝铬中间合金和铝锆中间合金,铝锭完全熔化后加入阴极铜和镁锭,熔炼过程中加入精炼剂,并对铝熔体进行扒渣,分析铝熔体成分合格后转入保温炉,熔炼温度为720-750℃,熔炼时间为4-8小时,精炼剂加入量为铝锭重量的2-5%;精炼剂包括以下重量份数的原料:K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 30-40份、氟铝酸钾15-20份、氟钛酸钾10-15份、LiCl 5-10份、MgCl<sub>2</sub> 5-10份、Mg<sub>3</sub>N<sub>2</sub> 5-10份、BaCO<sub>3</sub> 5-10份、C<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub> 2-5份。

[0021] (2)精炼:经熔炼的铝熔体转至倾翻式保温炉进行炉内精炼,将铝熔体流经除气装置进行除气精炼,除气精炼采用氩气和氯气的混合气体,除气精炼后将铝熔体静置10-

15min再进行过滤除渣,在过滤除渣之前通过喂丝机向除气精炼出口流槽中的铝熔体连续添加Al-Ti-C晶粒细化剂进行晶粒细化处理,经过过滤除渣的铝熔体直接进行浇铸;所述除气装置的转子速度为300-550rpm,氩气流量为0.5-4.0m<sup>3</sup>/h,氩气压力100-400Kpa,氯气流量0.1-2.0m<sup>3</sup>/h,氯气压力为50-300Kpa;所述除渣采用三级除渣,第一级除渣采用玻璃纤维双层过滤布,第二级除渣采用50-70ppi陶瓷过滤板,第三级除渣采用深床过滤器,深床过滤器内设有氧化铝球和氧化铝沙砾层组成的多孔性介质。

[0022] (3) 铸造:采用半连续铸造,将铝熔体浇铸成铝合金铸锭,铸造温度为695-715℃,铸造速度为35-55mm/min,铸造过程中冷却水流量为20-90m<sup>3</sup>/h;

(4) 均匀化:将铝合金铸坯送入热均热炉中,在500-550℃温度下保温20-35h;均匀化过程为先将铸锭升温至200℃,升温速度为25-30℃/h,保温4-5h,然后将铸锭从200℃升温至500-550℃,升温速度为60-80℃/h,保温10-15h,最后空气自然冷却至室温。

[0023] (5) 切头铣面:对经过均匀化的铝合金铸锭两端进行锯头,并对铝合金铸锭铣面;

(6) 热轧:热轧前先将铝合金铸锭转移到预热炉中,在450-510℃温度进行预热,预热时间为4-6h,然后将铝合金铸锭送入热轧机中进行热轧,热轧开轧温度为500-560℃,终轧温度为430-500℃,制得热轧铝合金板材;

(7) 中间退火:将经过热轧的铝合金板材在410-430℃下进行中间退火,保温时间为2-4h;

(8) 冷轧:将经过中间退火的铝合金板材冷轧至厚度为1.2mm,得到铝合金板材;

(9) 固溶处理:将铝合金板材进行固溶淬火,固溶淬火温度为540-550℃,固溶淬火时间为30-35分钟,固溶淬火后进行双级时效处理,第一级120℃时效2-3小时,第二级170℃时效8-10小时。

[0024] 试验效果

采用本发明实施例1的铝合金板材自然时效7天后烤漆前以及烤漆后的性能指标,结果如下:

检验项目	烤漆前			烤漆后		
	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	延伸率 (%)	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	延伸率 (%)
实施例1	135	243	26.3	209	285	20.5

对比例,采用目前市场上常用的6016铝合金板材自然时效7天后烤漆前以及烤漆后的性能指标,结果如下:

检验项目	烤漆前			烤漆后		
	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	延伸率 (%)	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	延伸率 (%)
对比例	142	246	25.6	141	165	22.3

上述实施例可以看出,本发明铝合金板材烤漆前的屈服强度相对对比例有所下降,而烘烤后的屈服强度明显得到提高,烘烤硬化性能得到非常明显地提升,烘烤硬化后屈服强度大于200MPa,满足汽车车身板基本性能指标要求。

[0025] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制,所属领域的普通技术人员应当理解,参照上述实施例可以对本发明的具体实施方式进行修改或者等同替换,这些未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换均在申请待批的权利要求保护范围之内。