



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114101610 A

(43) 申请公布日 2022. 03. 01

(21) 申请号 202010868142.5

C22F 1/047 (2006.01)

(22) 申请日 2020.08.26

B21B 3/00 (2006.01)

(71) 申请人 宝山钢铁股份有限公司

地址 201900 上海市宝山区富锦路885号

(72) 发明人 吴建春 范建勇 陈惠明

(74) 专利代理机构 上海开祺知识产权代理有限公司 31114

代理人 竺明

(51) Int. Cl.

B22D 11/06 (2006.01)

G21D 9/52 (2006.01)

G22C 21/02 (2006.01)

G22C 21/08 (2006.01)

G22C 32/00 (2006.01)

G22F 1/043 (2006.01)

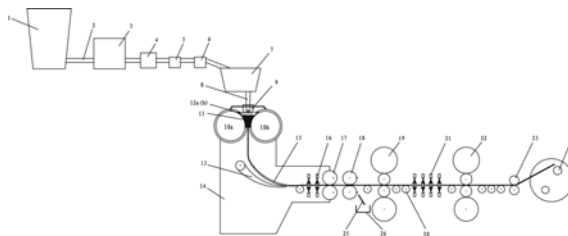
权利要求书2页 说明书14页 附图1页

(54) 发明名称

一种颗粒增强新型6XXX铝合金板带的制备方法

(57) 摘要

一种颗粒增强新型6XXX铝合金板带的制备方法,1) 冶炼,按照下述化学成分冶炼,其化学成分按重量百分比为:Si:0.5~1.5%,Mg:0.1-2.0%,Fe:0.1-1.0%,Mn:0.05~0.5%,Cu:0.02~0.2%,其余为Al和其它不可避免杂质;且,单个杂质含量≤0.05%,合计杂质含量≤0.15%;2) 纳米颗粒增强;3) 连铸;4) 冷却;5) 第一次热轧;6) 第二次热轧;7) 卷取;8) 后处理。本发明制备方法采用纳米颗粒增强结合双辊薄带连铸工艺,得到的6XXX铝合金板带相比现有6XXX铝合金,强度高25%以上,成型性高35%以上;相比汽车用钢板,轻松实现50%以上的轻量化。



1. 一种颗粒增强新型6XXX铝合金板带的制备方法,其特征是,包括如下步骤:

1) 冶炼

按照下述化学成分冶炼,其化学成分按重量百分比为:Si:0.5~1.5%,Mg:0.1-2.0%,Fe:0.1-1.0%,Mn:0.05~0.5%,Cu:0.02~0.2%,其余为Al和其它不可避免杂质;且,单个杂质含量 $\leq 0.05\%$,合计杂质含量 $\leq 0.15\%$;

2) 纳米颗粒增强

将冶炼好的铝合金液导入静置炉中静置,随后经流槽输送到前箱,经脱气、过滤后流入中间包,向中间包中的铝合金液中加入尺寸为5nm~10 μm 、熔点比铝熔点高的硬质颗粒,所述硬质颗粒的添加量为铝合金液的5~20wt%;其中导入静置炉中的铝合金液温度为700~780 $^{\circ}\text{C}$;

3) 连铸

连铸采用双辊薄带连铸,获得厚度为1.5~10mm、宽度为1000~2200mm的铝合金铸带;进入双辊铸机时铝合金液温度为650~710 $^{\circ}\text{C}$,铝合金铸带温度为530~600 $^{\circ}\text{C}$,结晶辊直径为400~1200mm,结晶辊内部通水冷却,铸机浇铸速度为30~120m/min;

4) 冷却

铝合金铸带从铸机出来后经水淬冷却到410~510 $^{\circ}\text{C}$;

5) 第一次热轧

冷却后的铝合金铸带经夹送辊、切头处理后送至轧机,进行第一次热轧,第一次热轧温度为380~480 $^{\circ}\text{C}$,第一次热轧压下率 $\leq 50\%$;

6) 冷却、第二次热轧

第一次热轧后的铝合金板带进行风冷或水冷,随后进行第二次热轧,第二次热轧温度为280~420 $^{\circ}\text{C}$,第二次热轧压下率 $\leq 60\%$;第二次热轧后铝合金板带的厚度为0.3~4mm,优选0.5~3mm;

7) 卷取

第二次热轧后的铝合金板带经夹送辊送至卷取机进行卷取,卷取温度为200~370 $^{\circ}\text{C}$;

8) 后处理

铝合金板带卷取后依次进行固溶热处理和淬火。

2. 如权利要求1所述的颗粒增强新型6XXX铝合金板带的制备方法,其特征是,步骤2)中,所述硬质颗粒为TiC、TiN、WC、SiC、B₄C、Si₃N₄、BN中的一种或多种。

3. 如权利要求1所述的颗粒增强新型6XXX铝合金板带的制备方法,其特征是,步骤8)所述淬火后依次进行时效和烤漆工序。

4. 如权利要求3所述的颗粒增强新型6XXX铝合金板带的制备方法,其特征是,所述时效为人工时效或自然时效或自然时效+人工时效,其中人工时效温度为90~200 $^{\circ}\text{C}$,时间为25~120min,自然时效时间为25~35天。

5. 如权利要求3所述的颗粒增强新型6XXX铝合金板带的制备方法,其特征是,所述烤漆温度为150~220 $^{\circ}\text{C}$,时间为20~50min。

6. 如权利要求3或5所述的颗粒增强新型6XXX铝合金板带的制备方法,其特征是,所述烤漆后进行额外人工时效,额外人工时效温度为90~200 $^{\circ}\text{C}$,时间为25~120min。

7. 如权利要求1所述的颗粒增强新型6XXX铝合金板带的制备方法,其特征是,步骤8)

中,所述固溶热处理温度为500~560℃,时间为8~50min。

8.如权利要求1所述的颗粒增强新型6XXX铝合金板带的制备方法,其特征是,步骤8)中,所述淬火后铝合金板带温度为室温到120℃。

9.如权利要求1所述的颗粒增强新型6XXX铝合金板带的制备方法,其特征是,步骤8)后处理工序前还可以对铝合金板带进行离线冷轧、张力矫直、切边、平整、表面检查、板形检查工序中的一种或多种。

10.如权利要求1所述的颗粒增强新型6XXX铝合金板带的制备方法,其特征是,步骤3)中,所述连铸采用立式铸机、卧式铸机或倾斜式铸机。

11.如权利要求1所述的颗粒增强新型6XXX铝合金板带的制备方法,其特征是,步骤3)中,所述结晶辊采用铜辊,且结晶辊表面有纹理、凹槽或压花。

12.如权利要求3或11所述的颗粒增强新型6XXX铝合金板带的制备方法,其特征是,所述结晶辊表面进行电镀铬处理,镀铬层厚度为0.05~0.10mm。

13.如权利要求1所述的颗粒增强新型6XXX铝合金板带的制备方法,其特征是,所述铝合金板带的微观组织为细小的等轴晶基体组织+弥散分布的硬质颗粒。

14.如权利要求1或13所述的颗粒增强新型6XXX铝合金板带的制备方法,其特征是,所述铝合金板带在自然时效条件即T4或T42态下可实现屈服强度150-230MPa,抗拉强度230-310MPa,延伸率27-36%,成形极限测试(在厚度1.0mm的规格下进行测试)FLD₀的范围在27-37%;

所述铝合金板带在人工时效条件即T6态下可实现屈服强度170-250MPa,抗拉强度250-340MPa,延伸率25-34%,成形极限测试(在厚度1.0mm的规格下进行测试)FLD₀的范围在24-34%;

所述铝合金板带在烤漆后,可实现屈服强度250-290MPa,抗拉强度330-370MPa,延伸率22-29%。

一种颗粒增强新型6XXX铝合金板带的制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及铝合金制备领域,特别涉及一种颗粒增强新型6XXX铝合金板带的制备方法。

背景技术

[0002] 薄带连铸工艺技术是当今冶金领域的一项前沿性技术,双辊薄带连铸技术最早是1865年Henry Bessemer提出这一想法的(US Patent:49053)。薄带连铸将连续铸造、轧制、甚至热处理等工序融为一体,使生产的薄带坯稍经后续轧制就一次性形成工业成品,大大简化了铝合金板带的生产工序,缩短了生产周期,使铝合金板带生产流程更紧凑、更连续、更高效、更环保;同时生产成本显著降低,并且生产出的薄带产品质量和性能不亚于甚至优于传统工艺。

[0003] 汽车轻量化已经成为世界各国的重点关注对象,近些年来,关于实现汽车轻量化的技术与创新不断涌现。所谓轻量化就是在保证汽车强度和安全性能的前提下,尽可能地降低整车的净质量,进而提高汽车的动力性能,降低汽车行驶过程中的能耗,从而达到节能减排的目的。汽车整车净质量降低10%,燃油效率可以提高6-8%;汽车整车质量每减少100kg,百公里油耗可降低0.3-0.6L。当今,节能减排是全球性的任务,而汽车又是现代生活中必不可少的必需品,因此汽车轻量化已成为当下世界汽车发展潮流。

[0004] 目前,中国汽车的平均能耗约为7.5L/100km,与发达国家还有一定差距,国家规划的目标是,2020年要达到4.5L/km,与欧洲的标准等同,并超过美国定下的标准。要实现这个目标,就必须加快汽车轻量化。欧洲汽车制造企业正在推进“超轻型汽车工程”,美国在汽车铝化方面取得了跨越式进展,其目标是在现有价格的基础上,将车的质量降低30%。

[0005] 铝是最早成为钢材替代品的汽车制造材料,1960年美国乘用车的平均用铝量28.6kg,1999年上升至109kg,2015年达到约160kg,2025年估计可达到285kg以上,1994年德国奥迪汽车公司生产的Audi A8的车身骨架与覆盖件全是用美国铝业公司的挤压铝材和薄板材制造的,开全铝乘人轿车的先河。目前的数据显示,在汽车制造中以铝代钢,可使汽车质量下降30-40%,如果用第二代铝合金,则减重效果更为卓越。铝在汽车制造中用量仅次于钢材和铸铁的材料,而在全铝乘人汽车中,铝的用量则上升至第二位。此外,新能源汽车是汽车工业发展的一个新兴分支市场,新能源汽车与传统汽车不同,是采用电池作为动力来驱动汽车运行,其受动力电池重量、动力电池续航里程的制约,在车辆设计和材料应用上,车体轻量化需求更为迫切。无论在应用技术、运行安全性还是循环再生利用等方面,技术成熟的铝合金材料具有较大优势,成为了新能源车企的首选。

[0006] 目前汽车车身薄板(简称:ABS)分为两种,内板与外板。ABS对外板的性能要求高,生产难度大,ABS必须具有良好的成形性、表面平整性强、良好的可焊性与优良的烘烤硬化特性。

[0007] 按ABS铝合金性能及其生产工艺可分为两代,第一代一般是用铸锭-热轧法生产的常规变形铝合金,经后续冷轧热处理得到最终的铝合金板带产品,生产周期较长,一般需要

20天左右,现在全球已建成的企业与车间共计27个,均属第一代。

[0008] 第二代ABS一般认为是采用短流程新工艺制备得到的、性能上有明显提高的变形铝合金板材。典型的短流程新工艺有哈兹雷特(Hazelett)连铸连轧工艺、双辊式薄带连铸连轧工艺等。但是传统的水平式双辊薄带连铸连轧工艺只能生产铝箔轧制带以及较为简单的合金系1XXX、3XXX系板带产品,无法生产高端的汽车用6XXX系铝合金覆盖件板带产品。而且传统的水平式双辊铸机速度较慢,通常只有1-3m/min,生产效率低下。

[0009] 近年来,世界上很多著名的铝合金板带双辊铸机设备制造商在提高铸轧速度、增加板带宽度上做了很多开发工作,旨在提高生产效率和更广的应用场合。比较著名的公司有意大利的法塔亨特公司和法国的普基公司,法塔亨特公司开发的SpeedcasterTM超薄高速铸轧机特点为:双辊双驱动,倾斜15度,铸轧辊直径1118mm,板宽达2184mm,轧制力3000t,铸轧速度最高可达38m/min,厚度最薄可达到0.635mm。普基公司开发的Junbo3CM铸轧机特点为:轧制力2900t,板宽达2020mm,铸轧厚度最薄为1mm,最大铸轧速度为15m/min。但这些设备仍然无法生产高端的汽车用6XXX系铝合金覆盖件板带产品。

发明内容

[0010] 本发明目的在于提供一种颗粒增强新型6XXX铝合金板带的制备方法,利用该制备方法铝合金板带可以实现强度、延伸率和可成形性的组合改进,所得新型6XXX铝合金板带与现有6XXX铝合金相比,强度高25%以上,成型性高35%以上;相比汽车用钢板,实现50%以上的轻量化;可广泛应用于汽车领域,特别可用于汽车引擎覆盖件,还可以用于挡泥板、车门、车顶和行李箱盖等部件,给汽车工业在轻量化、降低能耗和提高燃油经济性上面提供了广阔空间;而且,本发明铝合金板带可用与钢板通用的模具顺利地成形,能更容易变形成复杂的形状,不用额外设计模具。

[0011] 为达到上述目的,本发明的技术方案是:

[0012] 一种颗粒增强新型6XXX铝合金板带的制备方法,其包括如下步骤:

[0013] 1) 冶炼

[0014] 按照下述化学成分冶炼,其化学成分按重量百分比为:Si:0.5~1.5%,Mg:0.1-2.0%,Fe:0.1-1.0%,Mn:0.05~0.5%,Cu:0.02~0.2%,其余为Al和其它不可避免杂质;且,单个杂质含量 $\leq 0.05\%$,合计杂质含量 $\leq 0.15\%$;

[0015] 2) 纳米颗粒增强

[0016] 将冶炼好的铝合金液导入静置炉中静置,随后经流槽输送到前箱,经脱气、过滤后流入中间包,向中间包中的铝合金液中加入尺寸为5nm~10 μ m、熔点比铝熔点高的硬质颗粒,所述硬质颗粒的添加量为铝合金液的5~20wt%;其中导入静置炉中的铝合金液温度为700~780 $^{\circ}$ C;

[0017] 3) 连铸

[0018] 连铸采用双辊薄带连铸,获得厚度为1.5~10mm、宽度为1000~2200mm的铝合金铸带;进入双辊铸机时铝合金液温度为650~710 $^{\circ}$ C,铝合金铸带温度为530~600 $^{\circ}$ C,结晶辊直径为400~1200mm,结晶辊内部通水冷却,铸机浇铸速度为30~120m/min;

[0019] 4) 冷却

[0020] 铝合金铸带从铸机出来后经水淬冷却到410~510 $^{\circ}$ C;

- [0021] 5) 第一次热轧
- [0022] 冷却后的铝合金铸带经夹送辊、切头处理后送至轧机,进行第一次热轧;第一次热轧温度为380~480℃,第一次热轧压下率 $\leq 50\%$;
- [0023] 6) 冷却、第二次热轧
- [0024] 第一次热轧后的铝合金板带进行风冷或水冷,随后进行第二次热轧;
- [0025] 第二次热轧温度为280~420℃,第二次热轧压下率 $\leq 60\%$;第二次热轧后铝合金板带的厚度为0.3~4mm,优选0.5~3mm;
- [0026] 7) 卷取
- [0027] 第二次热轧后的铝合金板带经夹送辊送至卷取机进行卷取,卷取温度为200~370℃;
- [0028] 8) 后处理
- [0029] 铝合金板带卷取后依次进行固溶热处理和淬火。
- [0030] 优选的,步骤2)中,所述硬质颗粒为TiC、TiN、WC、SiC、B₄C、Si₃N₄、BN中的一种或多种。
- [0031] 进一步,步骤8)所述淬火后依次进行时效和烤漆工序。
- [0032] 优选的,所述时效为人工时效或自然时效或自然时效+人工时效,其中人工时效温度为90~200℃,时间为25~120min,自然时效时间为25~35天。
- [0033] 优选的,所述烤漆温度为150~220℃,时长为20~50min。
- [0034] 又,所述烤漆后进行额外人工时效,额外人工时效温度为90~200℃,时间为25~120min。
- [0035] 优选的,步骤8)中,所述固溶热处理温度为500~560℃,时间为8~50min。
- [0036] 优选的,步骤8)中,所述淬火后铝合金板带温度为室温到120℃。
- [0037] 优选的,步骤8)后处理工序前还可以对铝合金板带进行离线冷轧、张力矫直、切边、平整、表面检查、板形检查工序中的一种或多种。
- [0038] 优选的,步骤3)中,所述连铸采用立式铸机、卧式铸机或倾斜式铸机。
- [0039] 优选的,步骤3)中,所述结晶辊采用铜辊,且结晶辊表面有纹理、凹槽或压花。
- [0040] 优选的,所述结晶辊表面进行电镀铬处理,镀铬层厚度为0.05-0.10mm。
- [0041] 进一步,所述铝合金板带的微观组织为细小的等轴晶基体组织+弥散分布的硬质颗粒。
- [0042] 本发明所述铝合金板带在自然时效条件即T4或T42态下可实现屈服强度150-230MPa,抗拉强度230-310MPa,延伸率27-36%,成形极限测试(在厚度1.0mm的规格下进行测试)FLD₀的范围在27-37%。
- [0043] 所述铝合金板带在人工时效条件即T6态下可实现屈服强度170-250MPa,抗拉强度250-340MPa,延伸率25-34%,成形极限测试(在厚度1.0mm的规格下进行测试)FLD₀的范围在24-34%。
- [0044] 所述铝合金板带在烤漆后,可实现屈服强度250-290MPa,抗拉强度330-370MPa,延伸率22-29%。
- [0045] 在本发明所述6XXX铝合金板带的成分设计中:
- [0046] Si:是改善铝合金流动性能的主要成分,可以大大改善铝合金的铸造性能,添加一

定含量的Si可以提高铝合金的抗拉强度、硬度和耐蚀性能；但是添加较高的Si，会使铝合金中出现含Si的硬质颗粒，导致合金脆性增大，切削性能恶化。因此，本发明中控制Si含量的范围为0.5-1.5%。

[0047] Mg：可以提高铝合金的强度、硬度、耐热性、耐蚀性和切削性能，但是添加较多的Mg容易出现热脆性，使合金产生裂纹，形成的 Mg_2Si 会使合金变脆。因此，本发明中控制Mg含量的范围为0.1-2.0%。

[0048] Fe：在铝合金中会形成 $FeAl_3$ 、 Fe_2Al 或Al-Si-Fe的片状或针状组织，降低机械性能，这种组织还会使合金的流动性降低，热裂倾向增大，因此，本发明中控制Fe含量的范围为0.1-1.0%。

[0049] Mn：在铝合金中能减少Fe的有害影响，能使铝合金中由Fe形成的片状或针状组织，变成细密的晶体组织，Mn可以组织铝合金的再结晶过程，提高再结晶温度，并能显著细化再结晶晶粒；过高的Mn会引起偏析，还会降低导热性。因此，本发明中控制Mn含量的范围为0.05-0.5%。

[0050] Cu：铝合金中固溶进Cu，可以提高强度、硬度、耐热性和切削性能，还可以提高浇铸流动性能；但是过高的Cu含量，会影响铝合金的耐蚀性和塑性，并使热裂倾向增大。因此，本发明中控制Cu含量的范围为0.02-0.2%。

[0051] 本发明冶炼后的铝合金液导入静置炉中进行静置，一台冶炼炉一般供2-3台静置炉，冶炼炉的冶炼能力大于静置炉，以保证铝合金液的充分供给，控制流入到静置炉铝合金液的温度在700-780℃。将铝合金液从静置炉通过流槽输送到前箱，经脱气、过滤后流入到中间包。向中间包中的铝合金液中加入尺寸为5纳米到10微米、熔点比铝的熔点高的硬质颗粒，使这些高熔点的硬质颗粒均匀弥散地分布在铝合金液中，添加高熔点的硬质颗粒的量为铝合金液的5~20wt%。

[0052] 这些硬质颗粒种类可以为：碳化钛（化学式： TiC ，密度： $4.93g/cm^3$ ，熔点： $3140^\circ C$ ）、氮化钛（化学式： TiN ，密度： $5.44g/cm^3$ ，熔点： $2950^\circ C$ ）、碳化钨（化学式： WC ，密度： $15.63g/cm^3$ ，熔点： $2870^\circ C$ ）、碳化硅（化学式： SiC ，密度： $3.2g/cm^3$ ，熔点： $2700^\circ C$ ）、碳化硼（化学式： B_4C ，密度： $2.52g/cm^3$ ，熔点： $2350^\circ C$ ）、氮化硅（化学式： Si_3N_4 ，密度： $3.44g/cm^3$ ，熔点： $1900^\circ C$ ）、氮化硼（化学式： BN ，密度： $2.25g/cm^3$ ，熔点： $3000^\circ C$ ）等。

[0053] 高熔点的硬质纳米/微米颗粒弥散分布到铝合金基体中的作用机理如下：

[0054] 在铝合金液凝固结晶过程中，在晶粒边界纳米/微米颗粒可以通过钉扎作用有效限制晶粒生长，细化晶粒；同时这些纳米/微米颗粒还可以用作有效的异质形核点和优良的改性剂，有效增加铝合金液凝固时的形核，优化微观组织结构，形成的铝合金板带微观组织为：细小的等轴晶基体组织+弥散分布的硬质颗粒，显著改善铝合金的机械性能。

[0055] 水淬冷却后的铝合金铸带经夹送辊切头，进入到四辊轧机进行第一次热轧，热轧温度范围在380-480℃，压下率 $\leq 50\%$ 。为保证铝合金铸带不跑偏确保生产顺行，夹送辊具备纠偏对中功能。

[0056] 铝合金铸带第一次热轧之后经过风冷或水冷，然后进行第二次热轧，尽管本发明的方法在上述方案中被描述为具有两个机架的轧制步骤以达到目标厚度，但是本领域技术人员，可以预期其他实施方案，比如采用任何合适数量的热轧和后续的冷轧机架进行轧制步骤，而达到适当的产品目标厚度。

[0057] 所述步骤8)后处理工序包括固溶热处理、淬火、时效、烤漆等工序。

[0058] 成卷之后,可以将铝合金板带进行固溶热处理和淬火,固溶热处理温度:500-560℃,时间:8-50min;淬火后的铝合金板带温度范围在室温到120℃。

[0059] 在固溶热处理和淬火之后,可以再进行人工时效处理,人工时效温度:90-200℃,时间:25-120min。固溶处理后人工时效的铝合金产品状态被称为T6态,这意味着最终的产品已进行固溶热处理,淬火和人工时效。

[0060] 本发明所述制备方法在步骤8)后处理之前还可选其他工艺处理,包括离线冷轧、张力矫直、切边、平整、表面检查、板形检查等,然后可以在达到最终规格后,再进行固溶热处理和淬火。

[0061] 根据需要,在固溶热处理和淬火之后,铝合金板带可以进行自然时效,自然时效放置的时间一般为25~35天,固溶处理后经自然时效至基本稳定的状态被称为T4或T42态。在自然时效之后,将卷取的铝合金产品运送给客户使用。

[0062] 经过自然时效后,根据需要也可以对铝合金板带再进行人工时效,以产生沉淀硬化。人工时效温度:90-200℃,时间:25-120min。此时的人工时效一般在将铝合金板带制成汽车部件之后进行,然后可以再进行烤漆(烘烤硬化),烤漆温度范围:150-220℃,时间:20-50min。根据需要,还可以完成烤漆后的额外人工时效,额外人工时效温度:90-200℃,时间:25-120min。

[0063] 本发明所述连铸用双辊铸机的形式可以为立式、卧式或倾斜式。双辊薄带连铸所用的结晶辊采用铜辊,结晶辊表面加工成纹理、沟槽或压花等形状,目的是提高界面热传导效率,从而可以提高薄带连铸速度。结晶辊表面形貌加工完以后,需要再进行电镀铬处理,镀铬层的厚度控制在0.05-0.10mm,电镀铬处理可以大大提高结晶辊表面硬度和耐磨性,提高结晶辊使用寿命。

[0064] 所述铝合金板带卷取采用双卷取形式,也可以采用卡罗塞尔卷取形式,保证铝合金板带的连续生产。卷取机卷轴具备自动对中功能,以保证铝合金板带卷取时良好的卷形,确保生产顺行。

[0065] 本发明与已有技术的区别及改进之处:

[0066] 利用纳米颗粒增强和双辊薄带连铸工艺制备6XXX铝合金板带还未见直接报道。

[0067] 中国专利CN106164308A公开了“一种铝合金产品及其制备方法”,该铝合金具有至少0.8wt%的Mn,至少0.6wt%的Fe,该铝合金带材的近表面包含当量直径 $<3\mu\text{m}$ 的小颗粒,体积分数至少0.2%,该专利未涉及到双辊薄带连铸工艺。

[0068] 中国专利CN103119184B公开了“一种改进的6XXX铝合金及其生产方法”,所述铝合金体可以通过制备用于固溶后冷加工的铝合金体、冷加工至少25%和随后热处理生产,可以实现改进的强度和性能,该专利方法中未设计纳米颗粒增强处理等措施。

[0069] 中国专利CN104284745A公开了“一种改良的6XXX铝合金及其制备方法”,所述铝合金体具有两个外部区域加一个内部区域的“三明治”结构,且内部区域所含的微粒浓度大于外部区域,该专利方法中未涉及纳米颗粒增强措施,且获得的铝合金的微观组织不均匀,而本专利获得的铝合金微观组织是均匀、不分层。

[0070] 中国专利CN200810098094公开了“一种铝合金薄带坯的连铸工艺”,提出可采用立式双辊薄带连铸工艺来生产5052铝合金,该专利未涉及纳米颗粒增强处理等措施,也未涉

及6XXX铝合金。

[0071] 本发明的有益效果：

[0072] 1、本发明在铝合金液中加入尺寸为5nm~10 μ m、熔点比铝熔点高的硬质颗粒，使这些高熔点的硬质颗粒均匀弥散地分布在铝合金液中，在凝固过程中，在晶粒边界纳米/微米颗粒可以通过钉扎作用有效限制晶粒生长，细化晶粒；这些颗粒还可以用作有效的异质形核点和优良的改性剂，有效增加铝合金液凝固时的形核，优化微观组织结构，形成更为细小的等轴晶基体组织+弥散分布的硬质颗粒，起到弥散强化、提高铝合金机械性能的作用。

[0073] 2、本发明相比传统铝合金生产工艺，具有以下优势：

[0074] a) 流程短、投资省、成本低、能耗小：使用一台双辊薄带铸轧设备，可替代传统的DC铸造机、加热炉和热轧机，其设备费用大大减少；占地面积仅为传统流程（铸造+热轧车间）的1/4，其能耗也只有传统流程的50%；

[0075] b) 生产效率高，半成品的加工时间大为缩短，省掉了5道工序（1、铸锭锯切头尾；2、均匀化退火（这是一道长时间工序，耗时长达50h）；3、铣面；4、热轧前加热；5、热轧），从铝合金液到热轧带卷，由传统流程需要的20天，缩短至20分钟完成；

[0076] c) 成材率大幅度提高：大大减少切头去尾和铣面消耗，使成材率提高20%以上；

[0077] d) 产线具有高度的灵活性：可以灵活地生产铝合金板带产品，生产线的连续铸造机可随时更换合金，不必停机，为汽车、工业、家电和包装市场产品之间实现无缝过渡。

[0078] 3、本发明与传统铝合金生产工艺生成出来的产品相比具有明显的组织性能优势：

[0079] a) 致密度高，几乎没有宏观偏析：生产的铝合金板带显微组织为具有快速凝固特征的细小等轴晶+弥散分布的硬质颗粒，致密度高，避免了后续轧制过程中的开裂问题，几乎没有宏观偏析，几乎没有各向异性，经热处理后力学性能大大提高；

[0080] b) 表面质量好：由于采用了连续双辊薄带连铸工艺，相比传统双辊铸轧（拉速仅1-3m/min），拉速可大幅度提高到30-120m/min，可以避免传统水平式双辊铸轧出现的上下表面冷却不均匀问题，表面质量大大提高，可满足汽车工业的苛刻要求；

[0081] c) 性能优异，轻量化优势明显：生产的铝合金板带，成型性比现有6XXX铝合金高35%以上，强度高25%以上；相比汽车用钢板，轻松实现50%以上的轻量化。铝合金板带性能接近钢板性能，特别是成型性较高，成型时不容易开裂，冲压成型可用与钢板通用的模具顺利地成形，能更容易变形成复杂的形状，不用额外设计模具。

[0082] 4、传统双辊铸轧铝合金生产常采用钢辊，冷却传热效率低，导致拉速仅有1-3m/min，生产效率低下。

[0083] 而本发明涉及的双辊薄带连铸所用的结晶辊采用铜辊，结晶辊表面加工成纹理、沟槽或压花等形状，可以大大提高界面热传导效率，从而可以提高薄带连铸速度；同时，可以实现最宽可达2200mm的宽度，真正达到“宽幅”，可以完全覆盖汽车引擎覆盖件需要的宽度范围。结晶辊表面形貌加工完以后，再进行电镀铬处理，可以大大提高结晶辊表面硬度和耐磨性，提高结晶辊使用寿命。

附图说明

[0084] 图1为本发明实施例一（采用立式双辊薄带连铸）的工艺示意图。

[0085] 图2为本发明实施例二（采用卧式双辊薄带连铸）的工艺示意图。

具体实施方式

[0086] 下面通过实施例及附图对本发明作进一步说明,但这并非是对本发明的限制,本领域技术人员根据发明的基本思路可以做出修改或改进,但只要不脱离本发明的基本思想,均在本发明的范围之内。

[0087] 参见图1,本发明实施例一,采用立式铸机制备颗粒增强新型6XXX铝合金板带。

[0088] 将冶炼好的符合本发明化学成分设计的铝合金液,从冶炼炉1通过流槽2导入到静置炉3中进行静置。将铝合金液从静置炉3通过流槽2输送到前箱4,经脱气5、过滤6工序后流入到中间包7,向中间包7内铝合金液中加入尺寸为5nm~10 μ m、熔点比铝熔点高的硬质颗粒,使这些高熔点的硬质颗粒均匀弥散地分布在铝合金液中,添加高熔点的硬质颗粒的量为铝合金液的5~20wt%。

[0089] 铝合金液经纳米颗粒增强处理后,由中间包7底部通过浸入式水口8和布流装置9直接进入到一个由两个相对转动并能够快速冷却的结晶辊10a、10b和侧封板装置12a、12b围成的熔池11中。铝合金液在结晶辊10a、10b旋转的周向表面凝固,随后在两结晶辊10a、10b缝隙最小处(nip点)形成1.5-10mm厚、1000-2200mm宽的铝合金铸带15。本发明所述的结晶辊10a、10b直径在400-1200mm之间,内部通水冷却。根据铝合金铸带15厚度不同,铸机的浇铸速度范围介于30-120m/min。

[0090] 铝合金铸带15从双辊薄带连铸机中出来,直接进入密闭室14内,密闭室14通惰性气体保护铝合金铸带15,实现对铝合金铸带15的防氧化保护,防氧化保护的气氛可以是N₂,也可以是Ar,也可以是其他非氧化性气体,比如干冰升华得到的CO₂气体等,密闭室14内的氧浓度控制在<5%,密闭室14对铝合金铸带15的防氧化保护到1#夹送辊17入口。铝合金铸带15通过摆动导板13上输送辊道20,经水淬冷却装置16冷却后,进入1#夹送辊17,经飞剪18切头后,进入到四辊1#热轧机19进行热轧,飞剪18通过导板25将切下的带头导入到废料斗26中,飞剪18还有一个功能是卷与卷之间的在线分切,可以确保生产连续进行。为保证铝合金铸带15不跑偏确保生产顺行,1#夹送辊17具备纠偏对中功能。

[0091] 铝合金铸带15经1#热轧机19热轧后,运行在输送辊道20上面的铝合金板带进入风冷/水冷装置21进行冷却,然后铝合金板带进入四辊2#热轧机22进行再次热轧,热轧后形成0.3-4mm的热轧铝合金板带,轧后铝合金板带进入2#夹送辊23,然后直接进入卷取机24进行卷取。

[0092] 所述卷取机24采用双卷取形式,也可以采用卡罗塞尔卷取形式,保证铝合金板带的连续生产。卷取机24卷轴具备自动对中功能,以保证铝合金板带卷取时良好的卷形,确保生产顺行。

[0093] 参见图2,本发明实施例二,采用卧式铸机制备颗粒增强新型6XXX铝合金板带。

[0094] 将冶炼好的符合本发明化学成分设计的铝合金液,从冶炼炉1通过流槽2导入到静置炉3中进行静置。将铝合金液从静置炉3通过流槽2输送到前箱4,经脱气5、过滤6工序后流入到中间包7,向中间包7内铝合金液中加入尺寸为5nm~10 μ m、熔点比铝熔点高的硬质颗粒,使这些高熔点的硬质颗粒均匀弥散地分布在铝合金液中,添加高熔点的硬质颗粒的量为铝合金液的5~20wt%。

[0095] 铝合金液经半固态处理后,由中间包7底部通过浸入式水口8和布流装置9直接进入到一个由两个相对转动并能够快速冷却的结晶辊10a、10b和侧封板装置12a、12b围成的

熔池11中。铝合金液在结晶辊10a、10b旋转的周向表面凝固,随后在两结晶辊10a、10b缝隙最小处(nip点)形成1.5-10mm厚、1000-2200mm宽的铝合金铸带15。本发明所述的结晶辊10a、10b直径在400-1200mm之间,内部通水冷却。根据铝合金铸带15厚度不同,铸机的浇铸速度范围介于30-120m/min。

[0096] 铝合金铸带15从双辊薄带连铸机中出来,直接进入密闭室14内,密闭室14通惰性气体保护铝合金铸带15,实现对铝合金铸带15的防氧化保护,防氧化保护的气氛可以是 N_2 ,也可以是Ar,也可以是其他非氧化性气体,比如干冰升华得到的 CO_2 气体等,密闭室14内的氧浓度控制在 $<5\%$,密闭室14对铝合金铸带15的防氧化保护到1#夹送辊17入口。铝合金铸带15直接出结晶辊10a、10b上辊道20,经水淬冷却装置16冷却后,进入1#夹送辊17,经飞剪18切头后,进入到四辊1#热轧机19进行热轧,飞剪18通过导板25将切下的带头导入到废料斗26中,飞剪18还有一个功能是卷与卷之间的在线分切,可以确保生产连续进行。为保证铝合金铸带15不跑偏确保生产顺行,1#夹送辊17具备纠偏对中功能。

[0097] 铝合金铸带15经1#热轧机19热轧后,运行在输送辊道20上面的铝合金板带进入风冷/水冷装置21进行冷却,然后铝合金板带进入四辊2#热轧机22进行再次热轧,热轧后形成0.3-4mm的热轧铝合金板带,轧后铝合金板带进入2#夹送辊23,然后直接进入卷取机24进行卷取。

[0098] 所述卷取机24采用双卷取形式,也可以采用卡罗塞尔卷取形式,保证铝合金板带的连续生产。卷取机24卷轴具备自动对中功能,以保证铝合金板带卷取时良好的卷形,确保生产顺行。

[0099] 成卷之后,可以将铝合金板带进行一系列后处理工序,如固溶热处理、淬火、自然/人工时效、烤漆等工序。在后处理之前还可以进行其他工艺处理,包括离线冷轧、张力矫直、切边、平整、表面检查、板形检查等,然后可以在达到最终规格后,再进行一系列后处理工序。

[0100] 本发明实施例铝合金板带的化学成分如表1所示,其成分余量为Al和其他不可避免杂质。本发明实施例的制备方法工艺参数见表2,后处理工序参数见表3,最终获得铝合金板带的性能见表4。

[0101] 综上所述,按本发明提供的铝合金成分设计范围和制备方法制造的铝合金板带,在自然时效条件(T4或T42态)下可实现屈服强度150-230MPa,抗拉强度230-310MPa,延伸率27-36%,成形极限测试(在厚度1.0mm的规格下进行测试)FLD₀的范围在27-37%。

[0102] 本发明铝合金板带在人工时效条件(T6态)下可实现屈服强度170-250MPa,抗拉强度250-340MPa,延伸率25-34%,成形极限测试(在厚度1.0mm的规格下进行测试)FLD₀的范围在24-34%。

[0103] 本发明铝合金板带在烤漆后,可实现屈服强度250-290MPa,抗拉强度330-370MPa,延伸率22-29%。相比现有6XXX铝合金,成型性高35%以上,强度高25%以上;相比汽车用钢板,轻松实现50%以上的轻量化。

[0104] 采用本发明方法生产的铝合金板带性能接近钢板性能,特别是成型性较高,成型时不容易开裂,冲压成型可用与钢板通用的模具顺利地成形,能更容易变形成复杂的形状,不用额外设计模具。

[0105] 采用本发明方法生产的铝合金板带,可广泛应用于汽车应用领域,例如汽车引擎

覆盖件、挡泥板、车门、车顶和行李箱盖等部件,给汽车工业在轻量化、降低能耗和提高燃油经济性上面提供了广阔空间。

[0106] 表1单位:重量百分比

序号	Si	Mg	Fe	Mn	Cu
实施例 1	0.85	1.35	0.68	0.06	0.04
实施例 2	0.68	0.90	0.23	0.27	0.02
实施例 3	0.50	1.28	0.35	0.40	0.18
实施例 4	0.75	2.00	0.10	0.36	0.20
实施例 5	1.25	0.65	0.29	0.22	0.05
实施例 6	1.42	0.57	0.82	0.05	0.08
实施例 7	1.19	0.85	0.25	0.50	0.06
实施例 8	1.50	1.00	0.78	0.09	0.15
实施例 9	1.39	0.84	1.00	0.33	0.08
实施例 10	0.64	0.40	0.22	0.41	0.13
实施例 11	0.70	0.65	0.41	0.12	0.09
实施例 12	0.98	0.10	0.55	0.27	0.07
实施例 13	1.44	0.37	0.91	0.34	0.09
实施例 14	1.35	1.40	0.17	0.43	0.14

[0107]

[0108]

[0109]

表 2

工艺 序号	纳米颗粒增强			连铸			冷却		第一次热轧		第二次热轧		卷取 温度 (°C)	
	流入到静 置炉铝合 金液温度 (°C)	硬质颗 粒种类	硬质颗粒 加入量 (wt%)	双辊铸 机形式	双辊铸 机辊径 (mm)	铸机拉速 (m/min)	板带 厚度 (mm)	水淬 冷却 温度 (°C)	第一次 热轧温 度 (°C)	第一次 热轧压 下率 (%)	第二次 热轧温 度 (°C)	第二次 热轧压 下率 (%)		热轧后 板带厚 (mm)
实施例 1	730	TiC	10	立式	400	40	8	430	390	50	320	40	2.4	290
实施例 2	740	WC	5	卧式	800	90	1.5	450	420	40	350	40	0.54	200
实施例 3	760	Si ₃ N ₄	7	卧式	500	30	9	430	400	40	330	60	2.16	260
实施例 4	700	TiC	15	立式	1000	100	4	480	450	20	350	50	1.6	250
实施例 5	720	TiN	12	立式	1200	120	3	420	385	50	310	40	0.9	280
实施例 6	730	SiC	14	倾斜式	600	40	7	440	400	40	300	50	2.1	270
实施例 7	780	TiC	13	立式	800	90	2	430	390	50	320	50	0.5	280
实施例 8	750	SiC	6	立式	500	60	1.8	450	420	30	330	20	1.0	290

[0110]

实施例 9	740	BN	8	立式	700	70	2.5	510	480	40	420	30	1.05	370
实施例 10	720	TiN	10	卧式	400	30	10	500	470	50	370	40	3.0	260
实施例 11	710	B ₄ C	6	卧式	500	50	7	480	440	40	360	60	1.68	275
实施例 12	700	BN	9	卧式	600	40	5	500	470	45	290	45	1.51	285
实施例 13	740	Si ₃ N ₄	8	立式	900	110	4	410	380	50	280	40	1.2	290
实施例 14	720	SiC	12	倾斜式	1000	50	8	490	460	35	300	60	2.08	280

表 3

序号	固溶处 理温度 (°C)	固溶处 理时间 (min)	淬火后 温度 (°C)	人工时 效温度 (°C)	人工时 效时间 (min)	自然时 效时间 (天)	人工时 效温度 (°C)	人工时 效时间 (min)	烤漆温度 (°C)	烤漆时间 (min)	额外人工 时效温度 (°C)	额外人工 时效时间 (min)
实施例 1	530	30	60	100	120	×	×	×	170	40	×	×
实施例 2	550	10	80	90	30	×	×	×	180	20	90	120
实施例 3	540	20	100	×	×	30	170	40	200	30	×	×
实施例 4	500	40	25	150	50	×	×	×	220	50	×	×

[0111]

实施例 5	520	35	90	160	80	×	×	×	210	40	×	×
实施例 6	530	40	100	×	×	35	×	×	160	45	170	30
实施例 7	550	10	120	180	100	×	×	×	170	35	×	×
实施例 8	560	8	80	×	×	25	×	×	150	35	×	×
实施例 9	540	30	70	200	60	×	×	×	180	40	×	×
实施例 10	530	40	50	×	×	31	150	90	200	30	200	25
实施例 11	520	20	60	130	40	×	×	×	220	45	×	×
实施例 12	510	50	80	150	45	×	×	×	180	25	×	×
实施例 13	540	30	90	×	×	32	×	×	190	30	×	×
实施例 14	530	20	100	170	60	×	×	×	180	35	×	×

(注：表中“×”表示未进行该后处理工序。)

[0112]

表 4

状态	T4/T42态				T6态				烤漆态		
	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	延伸率 (%)	FLD ₀ (%)	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	延伸率 (%)	FLD ₀ (%)	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	延伸率 (%)
实施例1	-	-	-	-	210	280	26	28	270	350	22
实施例2	-	-	-	-	180	250	30	27	250	330	26
实施例3	210	290	34	32	220	310	32	28	270	350	27
实施例4	-	-	-	-	250	340	25	32	290	370	22
实施例5	-	-	-	-	190	280	34	31	260	340	24
实施例6	180	270	31	37	-	-	-	-	250	330	25
实施例7	-	-	-	-	210	320	31	30	260	340	28
实施例8	170	250	32	28	-	-	-	-	250	340	29
实施例9	-	-	-	-	240	310	28	25	280	350	24
实施例10	160	250	27	27	180	260	27	24	250	330	26
实施例11	-	-	-	-	190	290	29	34	270	350	27

[0113]

实施例12	-	-	-	-	-	210	300	30	29	280	360	28
实施例13	200	290	36	35	-	-	-	-	-	270	350	23
实施例14	-	-	-	-	230	330	29	31	290	360	25	

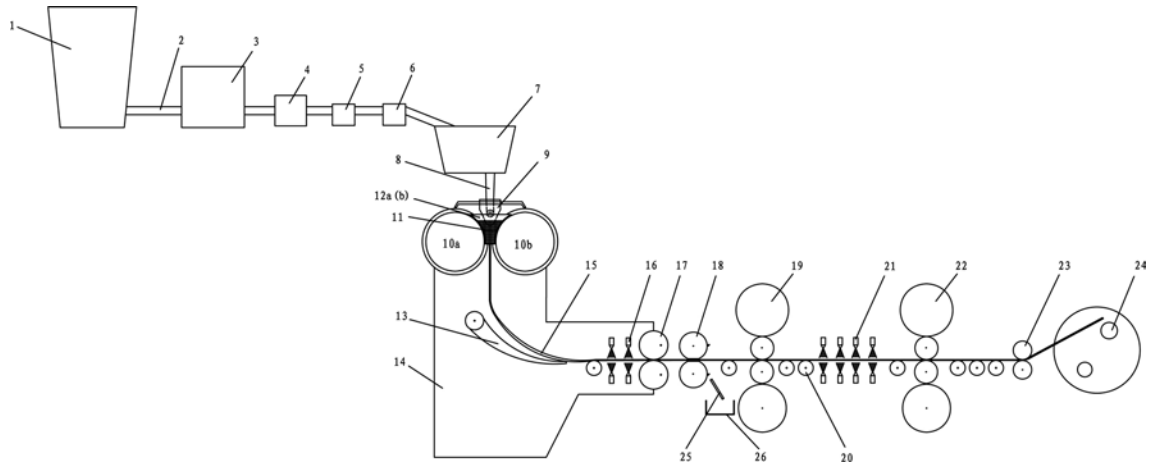


图1

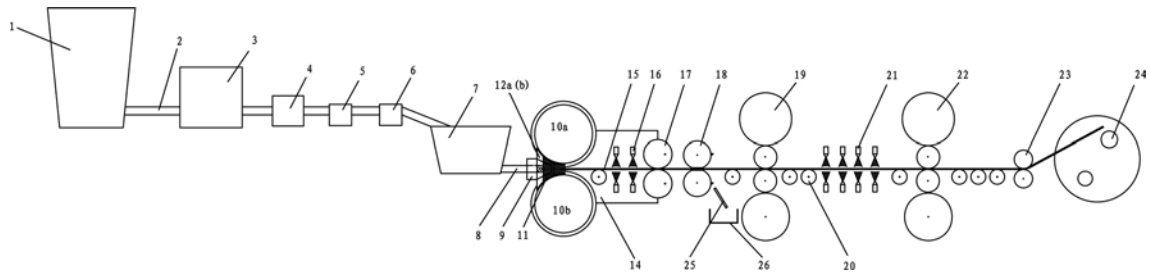


图2