



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104046868 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 17

(21) 申请号 201410299662. 3

(22) 申请日 2014. 06. 26

(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 徐世伟 唐伟能 秦云 蒋浩民

张丕军

(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.

C22C 23/00 (2006. 01)

C22C 23/02 (2006. 01)

C22C 1/03 (2006. 01)

C22F 1/06 (2006. 01)

权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

一种无稀土低成本高强度导热镁合金及其制备方法

(57) 摘要

一种无稀土低成本高强度导热镁合金及其制备方法,其化学成分重量百分比为:Mn0.5~2.0wt%,Ca0.3~1.5wt%,Al0.3~1.0wt%,其余为Mg以及不可避免的杂质。本发明解决了现有导热镁合金存在的使用多种稀土元素或高价合金元素导致成本过高,或是为了增加强度而提高合金元素含量,导致导热系数急剧下降、合金密度偏高等问题,该镁合金导热系数、强度和耐燃性都比较高,且成本相对低廉、密度相对较小。

1. 一种无稀土低成本高强度导热镁合金,其化学成分重量百分比为:Mn0.5~2.0wt%,Ca0.3~1.5wt%,Al0.3~1.0wt%,其余为Mg以及不可避免的杂质。

2. 如权利要求1所述的无稀土低成本高强度导热镁合金的制备方法,其特征是,包括以下步骤:

1) 以纯金属或中间合金为原料,按权利要求1所述的镁合金成分进行配料;

2) 将纯金属和中间合金放入熔炼炉的坩埚中熔化,制备成合金铸锭;

3) 将无稀土导热镁合金铸锭切割成相应坯料;

4) 将坯料加热到预定的变形温度进行变形处理,变形温度范围为300~500℃,变形坯料应在10分钟之内加热到所需变形温度;该变形处理采用轧制、挤压或锻造工艺中一种以上工艺,获得所需的无稀土低成本高强度导热镁合金材料。

3. 如权利要求2所述的无稀土低成本高强度导热镁合金的制备方法,其特征是,步骤2)中纯镁和Mg-Mn中间合金完全熔化是在CO₂和SF₆的混合保护气保护下进行,CO₂和SF₆的流量比为40~100,熔化后熔液的温度控制在710~760℃;Al锭在预热炉中加热至250~310℃,将预热后的Al锭和Ca颗粒先后加入镁熔液中,加Ca时需吹氩气搅拌,然后保温5~10分钟;采用金属模铸造或半连续铸造。

4. 如权利要求2所述的无稀土低成本高强度导热镁合金的制备方法,其特征是,步骤3)中,非稀土导热镁合金铸锭切割成相应坯料前,将合金铸锭在氩气氛围的保护下加热至490~515℃进行0.1~48小时的均匀化处理。

5. 如权利要求2所述的无稀土低成本高强度导热镁合金的制备方法,其特征是,步骤4)中变形处理采用轧制工艺将坯料变形加工成板材,采用挤压工艺将坯料变形加工成管材、棒材或型材,采用锻造工艺将坯料变形加工各种锻件;也可以采用上述多种工艺进行复合变形。

6. 如权利要求2所述的无稀土低成本高强度导热镁合金的制备方法,其特征是,步骤4)中变形处理采用轧制工艺,轧制变形速度为10~40m/min,单道次压下量为30%~50%,板材的累计变形量≥90%。

7. 如权利要求2所述的无稀土低成本高强度导热镁合金的制备方法,其特征是,步骤4)中变形处理采用挤压工艺,挤压变形速度为0.2~30m/min,挤压比为10~50。

8. 如权利要求2所述的无稀土低成本高强度导热镁合金的制备方法,其特征是,步骤4)中变形处理采用锻造工艺,锻造变形速度为0.1~30m/min,单道次压下量为30%~50%,累计变形量≥60%。

一种无稀土低成本高强度导热镁合金及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及金属材料和金属材料加工领域,特别涉及一种无稀土低成本高强度导热镁合金及其制备方法。

背景技术

[0002] 镁是常用金属结构材料中最轻的一种,比重约为 $1.74\text{g}/\text{cm}^3$,是钢的 $1/4$,铝的 $2/3$ 。镁及镁合金具有资源丰富、节约能源、环境友好的三大优势,而且是比强度很高的轻质结构材料和功能材料,是被世界公认的“二十一世纪最有发展前景的新材料”。

[0003] 纯镁室温下的导热率较高,约为 $157\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$,但强度太低,铸态下的拉伸屈服强度约为 21MPa 。镁经过合金化后,其强度显著提高,但导热系数通常明显降低,如现有的商业合金的 $\text{Mg}-3\text{Al}-1\text{Zn}$ (AZ31) 合金导热系数为 $78\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 、 $\text{Mg}-9\text{Al}-1\text{Zn}$ (AZ91) 合金导热系数为 $55\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 、 $\text{Mg}-6\text{Al}-0.5\text{Mn}$ (AM60) 合金导热系数为 $61\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ (Magnesium, Magnesium Alloys, and Magnesium Composites, by Manoj Gupta and Nai Mui Ling, Sharon), 它们的导热系数都远低于纯镁的导热系数。目前镁合金散热器基本都是采用上述导热率较低的商业镁合金,镁合金的散热效果还远没有充分发挥出来。

[0004] 近年来我国电子技术飞速发展,电子产业的高性能、微型化、集成化发展趋势,使得电子器件的总功率密度和发热量大幅地增加,散热问题越来越突出,尤其是对减重要求敏感的航空航天器件、便携电器和通讯设备、交通工具等产品散热系统的复杂结构件,既要求优良的导热性能,同时还需具有密度小、力学性能优异、生产成本低的特点,因此兼顾导热性、力学性能和生产加工性能的轻质导热镁合金材料有着不可替代的作用和重要的应用背景。但目前国内外在镁合金中合金元素对其导热性能的影响规律及其机理方面的报道很少,急需开展导热镁合金的成分设计,发展新型高导热镁合金及其相关制备技术。

[0005] 国外公开报道了导热系数相对较高的一些合金,如 EZ33 ($100\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$, $\text{Mg}-\text{RE}-\text{Zn}$)、QE22 ($113\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$, $\text{Mg}-\text{Ag}-\text{RE}$)、ZE41 ($123\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$, $\text{Mg}-\text{Zn}-\text{RE}$) 等,但它们的强度都较低。

[0006] 近年来,国内逐渐有一些更高强度导热镁合金被陆续开发出来,如中国专利公开号 CN100513606C 公开的合金成分中含有 $2.5 \sim 11\% \text{Zn}$, $0.15 \sim 1.5\% \text{Zr}$, $0.1 \sim 2.5\% \text{Ag}$, $0.3 \sim 3.5\% \text{Ce}$, $0 \sim 1.5\% \text{Nd}$, $0 \sim 2.5\% \text{La}$, $\text{Pr}0 \sim 0.5\%$; 20°C 导热率大于 $120\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$, 抗拉强度大于 340MPa 、屈服强度大于 310MPa 。但这些导热镁合金中都含有大量的稀土元素如 Nd 、 La 、 Pr 、 Ce 等,或者是合金元素 Ag 、 Zr 等,合金成本高,材料密度偏大。

[0007] 中国专利公开号 CN101709418 提出了另一种导热合金,其化学成分为 $1 \sim 6.5\% \text{Zn}$, $0.2 \sim 2.5\% \text{Si}$; 在 20°C 导热率大于 $120\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$, 抗拉强度为 $265 \sim 380\text{MPa}$ 、屈服强度为 $210 \sim 355\text{MPa}$ 。主合金元素 Zn 含量较低时,力学性能较低(抗拉强度 $<340\text{MPa}$ 、屈服强度 $<310\text{MPa}$); 而重合金元素 Zn ($\sim 6.5\%$) 含量较高时,材料密度较大 ($>1.8\text{g}/\text{cm}^3$)。且根据报道由于存在低熔点 $\text{Mg}-\text{Zn}$ 相,热加工性能一般;合金的着火点较低 (600°C 左右)、耐燃性较差。因此,为了更好地满足消费类电子、汽车等行业对于导热镁合金的低成本、低密度、高性能的需求,迫切需求开发出成本更低、密度更小、强度更高、导热性能更好、耐燃的新型镁

合金散热结构材料。

发明内容

[0008] 针对现有导热镁合金存在的使用多种稀土元素或高价合金元素导致成本过高,或是为了增加强度而提高合金元素含量,导致导热系数急剧下降、合金密度偏高等问题,本发明的目的在于提供一种无稀土低成本高强度导热镁合金及其制备方法,该镁合金导热系数、强度和耐燃性都比较高,且成本相对低廉、密度相对较小。

[0009] 为达到上述目的,本发明的技术方案是:

[0010] 一种无稀土低成本高强度导热镁合金,其化学成分重量百分比为:Mn0.5~2.0wt%,Ca0.3~1.5wt%,Al0.3~1.0wt%,其余为Mg以及不可避免的杂质。

[0011] 目前用于散热器的金属材料大多以铝合金或铜合金为主。研究发现,合金导热性能与该合金中的固溶原子和第二相的数量和种类有密切联系。镁合金的导热性能也遵循类似原则。设计新型导热合金,提升镁合金导热性,应该适当控制镁合金中固溶原子的数量,同时保证其析出相的尺寸不能太大、数量不能太多。

[0012] 镁合金中常用的合金化元素包括Al、Zn、Mn、Ca、RE等。研究总结得到,高强镁合金的设计原则是:主要合金元素的原子半径一个比镁原子大、一个比镁小,同时该主要合金元素之间混合焓的负值越大越可能形成稳定的原子间结合,有利于在变形过程中像铝合金一样形成单原子或多原子层的规则G.P区、纳米级的析出物以及稳定的高熔点析出物,从而使该合金具有更高的强度和耐高温性能。根据上述理论,本发明通过对镁中常用的合金化元素进行计算,发现镁、铝、钙、锰元素之间具有很好的匹配关系。Mg-Al-Ca-Mn四元合金中,Ca原子的原子半径大于Mg原子,Al和Mn原子的原子半径小于Mg原子,同时Ca-Al以及Al-Mn原子间的混合焓的负值比较大。

[0013] 根据各个元素在镁中的各自特点,从材料学合金强化机制的观点可优化设计出本方案中合金化元素的种类和添加量,再借助镁合金的相图并根据实际铸造合金的性能特征进行验证。

[0014] Al是镁合金最常用的合金元素,其密度较小。铝能与镁形成有限固溶体,在提高合金强度和硬度的同时可改善铸造性能,也可以通过热处理产生时效强化。根据文献,镁铝合金的热导性能随着固溶原子数量增加而降低,因此需要控制铝元素的含量以保持良好的热导性能。Ca是比重较小的金属元素,元素在镁中能发生有效的晶粒细化作用,可抑制熔融镁的氧化,提高合金熔体的着火温度和耐燃性,并且能改善合金的蠕变性能。根据文献报道,通过热力学软件计算Mg-Al-Ca三元相图得到:改变Al/Ca的比例时合金中可能会出现三种不同的第二相,其第二相数量随着元素添加量的增加逐渐增多。特别是,在该合金中可得到有序的单层GP区,这种纳米结构对合金的强化效果非常明显。因此,为了控制合金中存在的第二相的量和类型,并维持合金低密度特点,应采用低合金化;但是为了保证强化效果以获得较高合金强度,必须存在足够量的第二相粒子,因此设计合金的Al、Ca的含量大于0.3%,但均不超过1.5%,本发明Al、Ca含量设计范围分别为:Al=0.3~1.0wt%,Ca=0.3~1.5wt%。

[0015] Mn以沉淀Fe-Mn化合物来控制铁含量,通过控制铁含量而改善腐蚀行为;同时,Mn锰元素在镁中可以增大耐热性,细化晶粒、强化合金。如下图所示,Mg-6Al-3Ca合金添加

0.1-0.5%的Mn元素后,其蠕变抗力显著增加,耐热性提高。但锰在镁中的固溶度较小,含量一般不超过1.0wt%。在可以形成第二相的环境下,如存在Al元素,适量增加锰的含量,可能在基体中固溶部分锰元素的同时产生一定量的AlMn强化相,有利于进一步提高合金力学性能。本发明设计Mn的含量为0.5~2wt%。

[0016] 本发明设计的Mg-Al-Ca-Mn系合金第二相主要为 Mg_2Ca , Al_2Ca , Al_8Mn_5 析出物,其熔点较高(Mg_2Ca 、 Al_2Ca 、 Al_8Mn_5 分别为714℃、1079℃、1160℃),具有较好的热稳定性和强化效果,有利于保证合金的耐热性能和较高力学性能水平。

[0017] 本发明的无稀土低成本高强度导热镁合金的制备方法,其特征是,包括以下步骤:

[0018] 1) 以纯金属或中间合金为原料,按上述镁合金成分进行配料;

[0019] 2) 将纯金属和中间合金放入熔炼炉的坩埚中熔化,制备成合金铸锭;

[0020] 3) 将无稀土导热镁合金铸锭切割成相应坯料;

[0021] 4) 将坯料加热到预定的变形温度进行变形处理,变形温度范围为300~500℃,变形坯料应在10分钟之内加热到所需变形温度;该变形处理采用轧制、挤压或锻造工艺中的一种以上,获得所需的无稀土低成本高强度导热镁合金材料。

[0022] 进一步,步骤2)中纯镁和Mg-Mn中间合金完全熔化是在 CO_2 和 SF_6 的混合保护气保护下进行, CO_2 和 SF_6 的流量比为40~100,熔化后溶液的温度控制在710~760℃;Al锭在预热炉中加热至250~310℃,将预热后的Al锭、Ca颗粒或Mg-Ca中间合金先后加入镁熔液中,加Ca时需吹氩气搅拌,然后保温5~10分钟;采用金属模铸造或半连续铸造。

[0023] 更进一步,步骤3)中,非稀土导热镁合金铸锭切割成相应坯料前,将合金铸锭在氩气氛围的保护下加热至490~515℃进行0.1~48小时的均匀化处理。

[0024] 又,步骤4)中变形处理采用轧制工艺将坯料变形加工成板材,采用挤压工艺将坯料变形加工成管材、棒材或型材,采用锻造工艺将坯料变形加工各种锻件;也可以采用上述多种工艺进行复合变形。

[0025] 优选的,步骤4)中变形处理采用轧制工艺,轧制变形速度为10~40m/min,单道次压下量为30%~50%,板材的累计变形量 $\geq 90\%$;

[0026] 优选的,如权利要求2所述的无稀土低成本高强度导热镁合金的制备方法,其特征是,步骤4)中变形处理采用挤压工艺,挤压变形速度为0.2~30m/min,挤压比为10~50。

[0027] 优选的,步骤4)中变形处理采用锻造工艺,锻造变形速度为0.1~30m/min,单道次压下量为30%~50%,累计变形量 $\geq 60\%$ 。

[0028] 合金材料通过晶粒细化,能获得更优良的力学性能,不仅能提高其加工塑性,而且能提高其强度等。镁合金相对铁、铝等其它合金具有更大的Hall-Petch关系的K系数,其晶粒细化对合金的强度提升的贡献更加明显。为了能够得到更加细小的晶粒,以进一步提高镁合金的强度和韧度以及其他的优良性质,一般采用热变形加工细化晶粒。在挤压、轧制、锻造等变形加工过程中,铸造形成的粗大第二相逐渐得到破碎细化、并且弥散分布于镁基体中,使合金的力学性能进一步提高。塑性变形如轧制、挤压或者锻造等可以显著提高镁及镁合金的强度和延展性,例如常用的商用变形镁合金Mg-Al-Zn系合金的挤压材相对铸态具有明显更好的综合力学性能。中国专利CN100513606C和CN101709418的高导热镁合

金经过挤压等变形后的力学性能均得到了明显提高。

[0029] 本发明合金在熔炼过程中,熔体温度稳定,在熔体温度到 650℃时,仍具有好的耐火性。合金变形后,室温(25℃)抗拉强度大于 340MPa,拉伸屈服强度大于 330MPa。

[0030] 该镁合金不含任何稀土元素和高价合金元素,在 20℃的导热系数均大于 125W/(m*K),密度小于 1.8g/cm³。可用于航空航天、计算机、通讯和消费类电子产品以及 LED 照明产品的散热系统结构材料。

[0031] 本发明导热镁合金产品对比已有的导热镁合金有以下显著优点:

[0032] 1. 合金成本低:本发明制备的无稀土低成本高强度导热镁合金由常规合金元素 Al、Ca、Mn 组成,不添加较贵的稀土元素和其它高价元素。

[0033] 2. 合金熔体稳定,着火点明显提高(高于 650℃)。

[0034] 3. 合金密度低:在成分设计范围内,所有设计的合金密度小于 1.80g/cm³。

[0035] 4. 导热系数高:本发明制备的无稀土低成本高强度导热镁合金在 20℃的导热系数大于 125W/(m*K),温度升高合金导热性能仍然良好。

[0036] 5. 力学性能高:室温(25℃)抗拉强度大于 340MPa,拉伸屈服强度大于 330MPa。

[0037] 6. 综合性能优异:与现有镁合金相比,其导热系数和强度都比较高,但成本相对低,合金密度相对较小,在航空航天、计算机、通讯和消费类电子产品以及 LED 照明产品的散热系统结构材料方面具有广阔应用前景。

附图说明

[0038] 图 1 为本发明实施例中不同元素配比的 Mg-Mn-Ca-Al 合金经热挤压后的材料导热系数随温度变化曲线;

[0039] 图 2 为实施例中不同元素配比的 Mg-Mn-Ca-Al 合金经热挤压后材料的室温拉伸力学曲线。

具体实施方式

[0040] 下面通过实施例和附图对本发明的技术方案作详细说明,本实施例在本发明技术方案为前提下进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0041] 选取三种合金成分 Mg-1.5Mn-1.0Al-1.0Ca(wt %)(合金 1)、Mg-1.5Mn-1.0Al-0.5Ca(wt %)(合金 2)、Mg-1.5Mn-0.5Al-1.0Ca(wt %)(合金 3)作为典型例子。

[0042] 按照本发明技术方案,以纯金属或中间合金为合金化原料,经熔炼制成低成本镁合金铸锭;Ca 元素添加抑制熔融镁的氧化,提高合金熔体的着火温度(高于 650℃),合金在冶炼过程中氧化程度明显降低。将挤压坯料放入感应加热炉中迅速加热到挤压温度 350℃,然后直接采用挤压工艺将坯料变形加工成棒材,挤压速度为 5m/min,挤压比为 25,挤压后棒材采用风冷。并对挤压棒材进行测试,结果表明:

[0043] 合金 1 经过热挤压后,在 20、100、200 和 270℃条件范围内的导热系数分别为 129.4、131.3、133.5 和 135.1W/(m*K)(如图 1 所示);室温(25℃)抗拉强度为 371MPa,拉伸屈服强度为 356MPa,延伸率约为 6%(如图 2 所示);密度约 1.78g/cm³。

[0044] 合金 2 经过热挤压后,在 20、100、200 和 270 °C 条件范围内的导热系数分别为 137.2、137.8、138 和 138.2W/(m*K) (如图 1 所示);室温 (25 °C) 抗拉强度为 360MPa,拉伸屈服强度为 350MPa,延伸率约为 6% (如图 2 所示);密度约 1.78g/cm³。

[0045] 合金 3 经过热挤压后,在 20、100、200 和 270 °C 条件范围内的导热系数分别为 125.3、126.1、126.8 和 127.1W/(m*K) (如图 1 所示);室温 (25 °C) 抗拉强度为 352MPa,拉伸屈服强度为 346MPa,延伸率约为 6% (如图 2 所示);密度约 1.78g/cm³。

[0046] 本发明其他实施例参见表 1。

[0047] 实施例 1

[0048] 设计选取 Mg-1.5Mn-0.5Al-1.0Ca(wt%) 合金成分配比成镁合金,其无稀土低成本高强度导热镁合金的制备方法如下:

[0049] 1) 以纯 Mg 锭、纯 Al 锭、纯 Ca 颗粒以及 Mg-5Mn 中间合金 (即该中间合金为的成分含量为:5wt% Mn,其余为 Mg) 原料,按上述的镁合金成分的重量百分比进行配料;

[0050] 2) 将坩埚清理并预热后将全部纯镁锭和 Mg-5Mn 中间合金放入熔炼炉的坩埚中,在 CO₂ 和 SF₆ 的混合保护气的保护下加热升温,升温速率为 20 ~ 40 °C /min,CO₂ 和 SF₆ 的流量比为 50,完全熔化后熔液的温度控制在 710 ~ 760 °C ;

[0051] 3) 将纯 Al 锭放在预热炉中加热至 250 ~ 310 °C,将预热后的 Al 锭和 Ca 颗粒先后加入镁熔体中,加 Ca 时需吹氩气搅拌,然后机器搅拌 3 分钟后保温 8 分钟,使所有合金元素均匀分布在镁溶液中,最后采用金属模铸造制备成非稀土导热镁合金铸锭;

[0052] 4) 将上述制备的导热镁合金铸锭直接切割成相应的挤压坯料,然后在 350 °C 预热后直接采用挤压工艺将坯料变形加工成棒材,挤压速度为 5m/min,挤压比为 25,挤压后棒材采用风冷冷却,即获得无稀土低成本高强度导热镁合金。

[0053] 该导热镁合金材料在 20 °C 的导热系数为 125W/(m*K),室温 (25 °C) 抗拉强度为 352MPa,拉伸屈服强度为 346MPa,延伸率为 6%。

[0054] 实施例 2

[0055] 设计选取 Mg-0.8Mn-0.5Al-0.5Ca(wt%) 化学成分配比成镁合金,其无稀土低成本高强度导热镁合金材料的制备方法如下:

[0056] 1) 以纯 Mg 锭、纯 Al 锭、Mg-30Ca 以及 Mg-5Mn 中间合金为原料,按上述的镁合金成分的重量百分比进行配料;

[0057] 2) 将坩埚清理并预热后将全部纯镁锭和 Mg-5Mn 中间合金放入熔炼炉的坩埚中,在 CO₂ 和 SF₆ 的混合保护气的保护下加热升温,升温速率为 20 ~ 40 °C /min,CO₂ 和 SF₆ 的流量比为 50,完全熔化后熔液的温度控制在 710 ~ 760 °C ;

[0058] 3) 将纯 Al 锭放在预热炉中加热至 250 ~ 310 °C,将预热后的 Al 锭和 Mg-Ca 中间合金先后加入镁熔体中,加 Ca 时需吹氩气搅拌,然后机器搅拌 3 分钟后保温 10 分钟,使所有合金元素均匀分布在镁溶液中,最后采用金属模铸造制备成非稀土导热镁合金铸锭;

[0059] 4) 将上述制备的导热镁合金铸锭直接切割成相应的轧制坯料,然后在 430 °C 预热,以轧辊速度为 20m/min,单道次压下量为 30 ~ 50%,累计变形量 90%,轧制成板材,得无稀土低成本高强度导热镁合金。

[0060] 该导热镁合金材料在 20 °C 的导热系数为 126W/(m*K),室温 (25 °C) 抗拉强度为 360MPa,拉伸屈服强度为 352MPa,延伸率为 10%。(如附表)

[0061] 实施例 3

[0062] 设计选取 Mg-1.5Mn-0.9Al-1.0Ca(wt%) 合金成分配比成导热镁合金,其挤压型材制备方法如下:

[0063] 1) 按照实施例 1 所述方法配比合金原料和熔炼浇注成铸锭;

[0064] 2) 将上述制备的导热镁合金铸锭直接切割成相应的挤压坯料,然后在 350℃ 预热后直接采用挤压工艺将坯料变形加工成型材,挤压速度为 3m/min,挤压比为 25,挤压材采用风冷冷却,即获得无稀土低成本高强度导热镁合金。

[0065] 制得的无稀土低成本高强度导热镁合金在 20℃ 的导热系数为 129W/(m*K),室温(25℃)抗拉强度为 370MPa,拉伸屈服强度为 355MPa,延伸率为 7%。

[0066] 实施例 4

[0067] 设计选取 Mg-1.0Mn-0.3Al-1.5Ca(wt%) 合金成分配比成镁合金,其无稀土低成本高强度导热镁合金的制备方法如下:

[0068] 1) 按照实施例 1 所述方法配比合金原料和熔炼浇注成半连续铸锭;

[0069] 2) 将上述制备的导热镁合金铸锭直接切割成相应的锻造用坯料,然后在 420℃ 预热后采用锻造工艺将坯料变形加工成锻件,锻造变形速度为 0.5m/min,单道次压下量为 30%~50%,累计变形量 90%,获得无稀土低成本高强度导热镁合金锻件。

[0070] 锻造零件材料在 20℃ 的导热系数为 130W/(m*K),室温(25℃)抗拉强度为 359MPa,拉伸屈服强度为 350MPa,延伸率为 8%。

[0071] 实施例 5

[0072] 设计选取 Mg-2.0Mn-0.5Al-0.3Ca(wt%) 化学成分配比成镁合金,其无稀土低成本高强度导热镁合金材料的制备方法如下:

[0073] 1) 按照实施例 2 所述方法配比合金原料和熔炼浇注成铸锭;

[0074] 2) 将上述制备的导热镁合金铸锭直接切割成相应的轧制坯料,然后在 420℃ 预热,以轧辊速度为 20m/min,单道次压下量为 30~50%,累计变形量 90%,轧制成板材,得无稀土低成本高强度导热镁合金。

[0075] 沿轧向测试,材料在 20℃ 的导热系数为 128W/(m*K),室温(25℃)抗拉强度为 362MPa,拉伸屈服强度为 347MPa,延伸率为 5%。

[0076] 实施例 6

[0077] 设计选取 Mg-2.0Mn-0.5Al-1.4Ca(wt%) 合金成分配比成镁合金,其无稀土低成本高强度导热镁合金的制备方法如下:

[0078] 1) 按照实施例 1 所述方法配比合金原料和熔炼浇注成铸锭;

[0079] 2) 将上述制备的导热镁合金铸锭直接切割成相应的锻造用坯料,然后在 440℃ 预热后采用锻造工艺将坯料变形加工成锻件,锻造变形速度为 0.5m/min,单道次压下量为 30%~50%,累计变形量 80%,获得无稀土低成本高强度导热镁合金锻件。

[0080] 该锻造零件材料在 20℃ 的导热系数为 127W/(m*K),室温(25℃)抗拉强度为 346MPa,拉伸屈服强度为 338MPa,延伸率为 6%。(如附表)

[0081] 实施例 7

[0082] 设计选取 Mg-1.5Mn-1.0Al-0.5Ca(wt%) 合金成分配比成镁合金,其无稀土低成本高强度导热镁合金的制备方法如下:

[0083] 1) 按照实施例 1 所述方法配比合金原料和熔炼浇注成铸锭；

[0084] 2) 将上述制备的导热镁合金铸锭直接切割成相应的挤压坯料,然后在 350℃预热后直接采用挤压工艺将坯料变形加工成棒材,挤压速度为 5m/min,挤压比为 25,挤压后棒材采用风冷冷却,即获得无稀土低成本高强度导热镁合金。

[0085] 该导热镁合金材料在 20℃的导热系数为 137W/(m*K),室温(25℃)抗拉强度为 360MPa,拉伸屈服强度为 350MPa,延伸率为 6%。(如附表)

[0086] 实施例 8

[0087] 设计选取 Mg-1.5Mn-1.0Al-1.0Ca(wt%) 合金成分配比成镁合金,其无稀土低成本高强度导热镁合金的制备方法如下：

[0088] 1) 按照实施例 1 所述方法配比合金原料和熔炼浇注成半连续铸锭；

[0089] 2) 将上述制备的导热镁合金铸锭直接切割成相应的挤压坯料,然后在 350℃预热后采用挤压工艺将坯料变形加工成棒材,挤压速度为 5m/min,挤压比为 25。挤压后切取棒材继续在 350℃下采用锻压变形进行处理,获得无稀土低成本高强度导热镁合金。

[0090] 该导热镁合金材料在 20℃的导热系数为 129W/(m*K),室温(25℃)抗拉强度为 375MPa,拉伸屈服强度为 358MPa,延伸率为 7%。

[0091] 表 1

[0092]

实施 例	合金成分 (wt%)	变形 加工 工艺	导热 系数 W/(m*K)	抗拉 强度 MPa	屈服 强度 MPa	延 伸 率 %	密度 g/cm ³	着火 点 高于 ℃
1	Mg-1.5Mn-0.5Al-1.0Ca	挤压	125	352	346	6	1.78	650
2	Mg-0.8Mn-0.5Al-0.5Ca	轧制	126	360	352	10	1.76	650
3	Mg-1.5Mn-0.9Al-1.0Ca	挤压	129	370	355	7	1.78	650
4	Mg-1.0Mn-0.3Al-1.5Ca	锻造	130	359	350	8	1.77	650
5	Mg-2.0Mn-0.5Al-0.3Ca	轧制	128	362	347	5	1.79	650
6	Mg-2.0Mn-0.5Al-1.4Ca	锻造	127	346	338	6	1.79	650
7	Mg-1.5Mn-1.0Al-0.5Ca	挤压	137	360	350	6	1.78	650
8	Mg-1.5Mn-1.0Al-1.0Ca	挤压	129	375	358	7	1.78	650

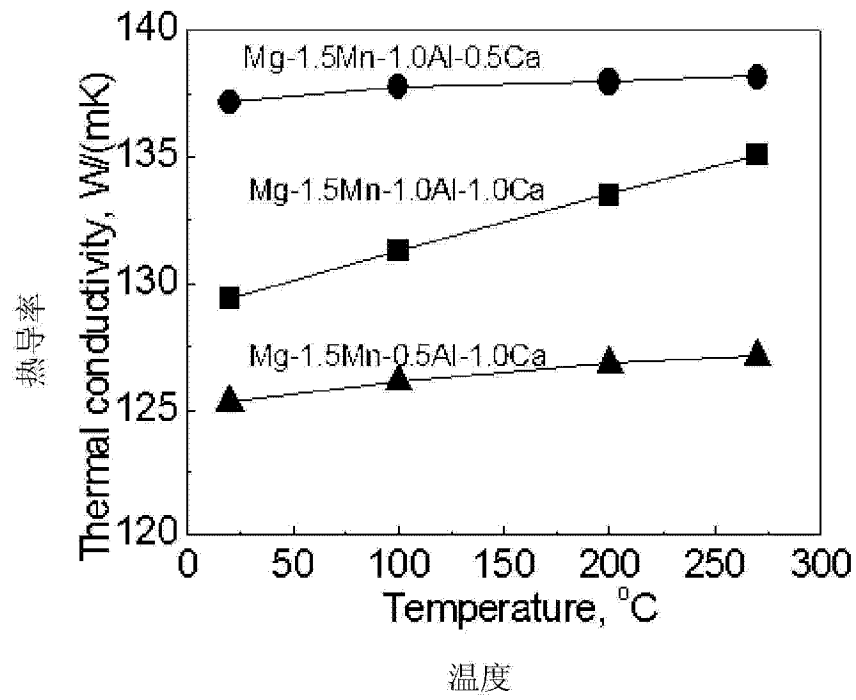


图 1

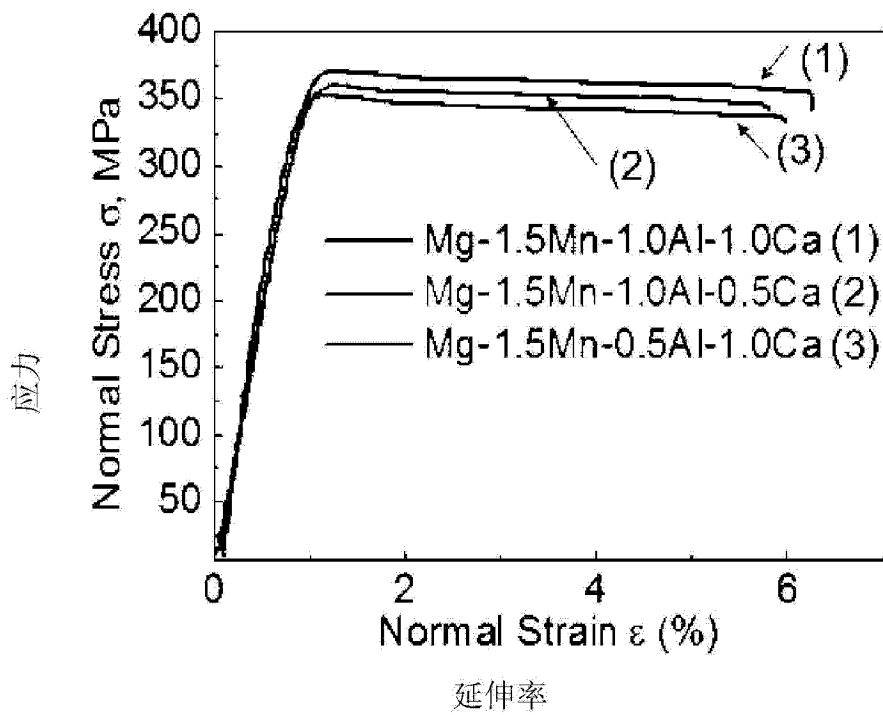


图 2