



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108866408 B

(45) 授权公告日 2021.01.26

(21) 申请号 201811002982.2

C22F 1/06 (2006.01)

(22) 申请日 2018.08.30

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108866408 A

喻正文.“Mg-Mn系合金显微组织及力学性能的研究”.《中国博士学位论文全文数据库工程科技I辑》.2016,B022-12.

(43) 申请公布日 2018.11.23

审查员 陈帅

(73) 专利权人 重庆大学
地址 400044 重庆市沙坪坝区沙正街174号

(72) 发明人 汤爱涛 彭鹏 余加 周世博
王煜烨 熊潇 潘复生

(74) 专利代理机构 重庆博凯知识产权代理有限公司 50212

代理人 张先芸

(51) Int.Cl.

C22C 23/00 (2006.01)

C22C 1/03 (2006.01)

权利要求书1页 说明书4页

(54) 发明名称

一种低成本高塑性变形镁合金

(57) 摘要

本发明公开了一种低成本高塑性变形镁合金,所述镁合金由Mg、Mn和低含量Al组成,各组分的质量百分含量为Mn:0.5~4.0%,Al:0.1~0.5%,余量为镁和不可避免的杂质。在Mg-Al-Mn三元体系中,锰与铝元素形成铝锰相,富余的锰元素形成单质锰相,制备过程中采用较低温度下的挤压工艺,制备高塑性镁合金材料,适用于3C产品外壳、休闲用品承重结构及航空航天零部件等,该材料制备工艺简单,成本低,具有良好的产业化前景。

1. 一种低成本高塑性变形镁合金,其特征在于,其成分含量为:Mn 1.0%,Al 0.3%,余量为镁和不可避免的杂质;其中,Mn-Al含量低于5 wt. %,镁合金基体中最大元素固溶量低于2wt. %;

其制备方法包括如下步骤:

1) 按上述组分计算配料;以纯镁锭、纯铝锭、镁锰中间合金为原料,进行机械打磨;2) 将纯镁、纯铝和镁锰中间合金在300℃预热30min,然后将纯镁锭放在电阻炉中,在体积比为1:99的SF₆和CO₂的混合气体的保护下使其完全熔化得到镁熔体,将所述镁熔体温度升温到720℃稳定后,将镁锰中间合金和纯铝锭加入到已经完全熔化了了的镁熔体中,当温度上升至700~740℃时,保温10min后将合金浇注到预热至300℃的模具中,冷却后得到镁合金铸锭;

3) 将步骤2)得到的镁合金铸锭机加工至指定尺寸,得到镁合金挤压坯料;

4) 使用挤压模具将步骤3)得到的镁合金挤压坯料在200~300℃预热1.5~3.0h,然后在200~240℃下对所述镁合金挤压坯料进行热挤压得到镁合金棒材,将所述镁合金棒材风冷至室温,即得到低成本高塑性变形镁合金。

2. 一种低成本高塑性变形镁合金,其特征在于,其成分含量为:Mn:0.5%,Al:0.1%,余量为镁和不可避免的杂质;其中,Mn-Al含量低于5 wt. %,镁合金基体中最大元素固溶量低于2wt. %;

其制备方法包括如下步骤:

1) 按上述组分计算配料;以纯镁锭、纯铝锭、镁锰中间合金为原料,进行机械打磨;2) 将纯镁、纯铝和镁锰中间合金在300℃预热30min,然后将纯镁锭放在电阻炉中,在体积比为1:99的SF₆和CO₂的混合气体的保护下使其完全熔化得到镁熔体,将所述镁熔体温度升温到720℃稳定后,将镁锰中间合金和纯铝锭加入到已经完全熔化了了的镁熔体中,当温度上升至700~740℃时,保温10min后将合金浇注到预热至300℃的模具中,冷却后得到镁合金铸锭;

3) 将步骤2)得到的镁合金铸锭机加工至指定尺寸,得到镁合金挤压坯料;

4) 使用挤压模具将步骤3)得到的镁合金挤压坯料在200~300℃预热1.5~3.0h,然后在200~240℃下对所述镁合金挤压坯料进行热挤压得到镁合金棒材,将所述镁合金棒材风冷至室温,即得到低成本高塑性变形镁合金。

一种低成本高塑性变形镁合金

技术领域

[0001] 本发明涉及金属材料领域,特别的涉及一种低成本高塑性变形镁合金。

背景技术

[0002] 随着环保问题的加剧,工业轻量化受到越来越多的关注。镁合金作为最轻的金属结构材料,在工业轻量化应用中有着至关重要的作用。镁合金不仅具有良好的节能减排特征,同时还是一种易于回收利用的绿色工程材料,成为航空航天和交通运输等领域轻量化设计中的首选材料。

[0003] 未来社会应大量发展应用镁合金已经成为人们的普遍共识,然而镁的晶体结构为密排六方结构,独立滑移系较少,致使其合金塑性较差,且室温下变形加工困难,严重制约了它的发展和应用,因此研究开发高塑性镁合金是镁合金发展的首要方向。目前常用于制备高塑性的变形镁合金材料主要是以添加稀土元素Gd、Nd、Y为主,且元素种类多,然稀土元素价格高、资源有限,不仅在工业化大批量生产中具有一定的局限性,而且大规格的型材生产有难度,同时目前高塑性镁合金一般添加高含量稀土元素重稀土Gd,比重大,高含量的添加,也严重影响了合金轻量化的效果。基于此,本申请人潘复生、汤爱涛项目组研发的“低成本高性能Mg-Al-Mn镁合金及其制备方法”(CN2016101998527)作为科研成果取得了阶段性的进步;虽然强度、韧性以及成形性等机械性能优于传统的商用镁合金AZ31,但是仍然不能满足3C产品外壳、休闲用品承重结构及航空航天零部件等对于延展性和屈服强度要求较高的需求。

[0004] 有鉴于此,研究无稀土的低成本高塑性镁合金成为本领域技术人员有待解决的问题。

发明内容

[0005] 针对现有技术存在的上述不足,本发明的目的在于提供一种低成本高塑性变形镁合金,解决变形镁合金延展性和屈服强度不能满足承重结构及航空航天零部件等所需的问题,并且避免使用稀土元素满足低成本的需求。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明采用了如下的技术方案:一种低成本高塑性变形镁合金,所述镁合金主要由Mg、Mn和低含量Al组成,各成分质量百分含量为Mn:0.5~4.0%,Al:0.1~0.5%,余量为镁和不可避免的杂质。其制备方法,包括以下步骤:

[0007] 1)以纯镁锭、纯铝锭、镁锰中间合金为原料,进行机械打磨(除去表面氧化层),按上述组分配料;

[0008] 2)将纯镁、纯铝和镁锰中间合金在300℃预热30~40min,然后将纯镁锭放在电阻炉中,在体积比为1:99的SF₆和CO₂的混合气体的保护下使其完全熔化,将镁熔体温度升温到720℃稳定后,将镁锰中间合金和纯铝锭加入到已经完全熔化了了的镁熔体中,当温度上升至700~740℃时,保温10min后将合金浇注到预热至300℃的模具中,冷却后得到镁合金铸锭;

[0009] 3)将步骤2)得到的镁合金铸锭机加工至指定尺寸,得到镁合金挤压坯料;

[0010] 4) 使用挤压模具将步骤3) 得到的镁合金挤压坯料在200~300℃预热1.5~3.0h, 然后在200~300℃下对所述镁合金挤压坯料进行热挤压得到镁合金棒材, 将所述镁合金棒材风冷至室温, 即得到低成本高塑性变形镁合金。所述热挤压中挤压比 $\geq 25:1$, 挤压速度为0.5~30 m/min。

[0011] 采用本发明, 通过显著降低Al元素的含量, 使Al全部与Mn形成化合物, 不在Mg基体中固溶; 并控制Mg-Mn-Al合金的Mn-Al含量低于5 wt. %, 合金基体中最大元素固溶量低于2 wt. %, 晶格间的变形抗力很低, 具有较好的成形能力, 有利于实现较低的温度和较快的变形速度下制备变型材。这样, 在较低的温度(200~300℃, 优选热挤压温度为200~240℃)下挤压能够有效防止再结晶晶粒的异常长大, 从而促使成品合金材料形成细晶组织。进一步, 在较低的温度下进行较大的塑性变形, 从而形成的变型材微观组织更加细小均匀, 具备较好的塑性, 制备的镁合金材料具有高塑性。

[0012] 相比现有技术, 本发明Mg-Mn-Al具有如下有益效果:

[0013] 首先, 本发明对Mg-Mn-Al三元体系进行深入研究, 发现显著降低Al元素的含量, 并使其成分含量为Mn 0.5~4.0%, Al 0.1~0.50%, 余量为镁和不可避免的杂质时, 较低的Al含量能够与Mn反应形成纳米级的Al-Mn相, 同时既不固溶也不形成 $Mg_{17}Al_{12}$ 共晶相, 减少Al固溶量能够降低晶格畸变, 减少晶格抗力, 有利于进一步的变形; 无共晶相可以减少晶界析出, 提高第二相的弥散强化效果; 共晶相熔点低, 对于合金的高温性能也不利, 因此减少共晶相存在, 有利于提高合金的耐高温性能。

[0014] 其次, 降低Al元素的含量使Al全部与Mn形成化合物, 不在Mg基体中固溶; 而Mn元素在Mg基体中固溶度较低, 难以产生成分偏析导致铸锭成分不均匀, 因此无需挤压前进行均匀化热处理工艺。其中, Mn-Al的含量低(总含量低于5 wt. %)其合金基体中最大元素固溶量低于2 wt. %, 晶格间的变形抗力很低, 具有较好的成形能力, 有利于实现较低的温度高速变形。该合金体系中, Mn-Al元素均为常规元素, 合金化程度较低, 加入镁中后, 锰与铝元素形成铝锰相, 富余的锰元素形成单质锰相, 即存在Al-Mn相及单质Mn两种第二相。在挤压过程中, 这两种相均能促进再结晶形核, 生成细小的再结晶晶粒, 弱化织构, 提升合金的塑性。

[0015] 第三, 本发明在Mg-Mn-Al三元体系的基础上, 创造性地提出在较低的温度200~300℃下挤压能够有效防止再结晶晶粒的异常长大, 从而促使成品合金材料形成细晶组织。进一步, 在较低的温度下进行较大的塑性变形, 继而形成的变型材微观组织更加细小均匀, 具备较好的塑性, 制备的镁合金材料具有高塑性, 取得了意想不到的技术效果; 同时低温高速变形有利于节约能源, 提高生产效率, 降低生产成本。

[0016] 另外, 本发明所用的原料镁、锰与铝元素均为常规元素, 价格低廉, 制备工艺简单, 制备效率高, 节约能源, 易于生产大块体材料, 无需固溶处理, 可直接使用。

[0017] 综上, 本发明创造性地通过显著降低Al元素的含量, 并通过较低的温度下挤压和工艺调整, 实现Mg-Mn-Al镁合金材料的延伸率、屈服强度和强度的显著提高; 本发明镁合金材料在塑性远优于现有同类高塑性镁合金的同时, 屈服强度也有较大的提升。其延伸率达到23.4~34.2%, 屈服强度可达到207~278MPa, 适用于3C产品外壳、休闲用品承重结构及航空航天零部件等, 具有良好的产业化前景。可见, 技术上取得了意想不到的技术效果。

具体实施方式

[0018] 下面结合实施例对本发明作进一步的详细说明。

[0019] 需要说明的是,以下各实施例中所述工业纯镁和工业纯铝纯度都在99%以上;镁锰中间合金是以Mg-5Mn的形式添加。熔炼和浇注步骤均在保护气体下进行,保护气体采用体积比为1:99的SF₆和CO₂的混合气体。实施例中涉及的百分比均为质量百分比。

[0020] 实施例1

[0021] 1)以纯镁锭、纯铝锭、镁锰中间合金为原料,进行机械打磨,按Mn:1.0%,Al:0.3%,余量为镁和不可避免的杂质的质量百分含量进行计算配料;

[0022] 2)将纯镁、纯铝和镁锰中间合金在300℃预热30min,然后将纯镁锭放在电阻炉中,在体积比为1:99的SF₆和CO₂的混合气体的保护下使其完全熔化,将镁熔体温度升温到720℃稳定后,将镁锰中间合金和纯铝锭加入到已经完全熔化了了的镁熔体中,当温度上升至720℃时,保温10min后将合金浇注到预热至300℃的模具中,冷却后得到镁合金铸锭;

[0023] 3)将步骤2)得到的镁合金铸锭机加工至指定尺寸,得到镁合金挤压坯料;

[0024] 4)使用挤压模具将步骤3)得到的镁合金挤压坯料在240℃预热1.5 h,然后在240℃下对所述镁合金挤压坯料进行热挤压,挤压比25:1,挤压速度为15m/min,得到镁合金棒材,将所述镁合金棒材风冷至室温,即得到低成本高塑性变形镁合金。

[0025] 实施例2

[0026] 1)以纯镁锭、纯铝锭、镁锰中间合金为原料,进行机械打磨,按Mn:0.5%,Al:0.5%,余量为镁和不可避免的杂质的质量百分含量进行计算配料;

[0027] 2)将纯镁、纯铝和镁锰中间合金在300℃预热30min,然后将纯镁锭放在电阻炉中,在体积比为1:99的SF₆和CO₂的混合气体的保护下使其完全熔化,将镁熔体温度升温到720℃稳定后,将镁锰中间合金和纯铝锭加入到已经完全熔化了了的镁熔体中,当温度上升至700℃时,保温10min后将合金浇注到预热至300℃的模具中,冷却后得到镁合金铸锭;

[0028] 3)将步骤2)得到的镁合金铸锭机加工至指定尺寸,得到镁合金挤压坯料;

[0029] 4)使用挤压模具将步骤3)得到的镁合金挤压坯料在200℃预热1.5h,然后在200℃下对所述镁合金挤压坯料进行热挤压,挤压比30:1,挤压速度为25m/min,得到镁合金棒材,将所述镁合金棒材风冷至室温,即得到低成本高塑性变形镁合金。

[0030] 实施例3

[0031] 1)以纯镁锭、纯铝锭、镁锰中间合金为原料,进行机械打磨,按Mn:0.5%,Al:0.1%,余量为镁和不可避免的杂质的质量百分含量进行计算配料;

[0032] 2)将纯镁、纯铝和镁锰中间合金在300℃预热30min,然后将纯镁锭放在电阻炉中,在体积比为1:99的SF₆和CO₂的混合气体的保护下使其完全熔化,将镁熔体温度升温到720℃稳定后,将镁锰中间合金和纯铝锭加入到已经完全熔化了了的镁熔体中,当温度上升至720℃时,保温10min后将合金浇注到预热至300℃的模具中,冷却后得到镁合金铸锭;

[0033] 3)将步骤2)得到的镁合金铸锭机加工至指定尺寸,得到镁合金挤压坯料;

[0034] 4)使用挤压模具将步骤3)得到的镁合金挤压坯料在200℃预热1.5h,然后在200℃下对所述镁合金挤压坯料进行热挤压,挤压比30:1,挤压速度为30m/min,得到镁合金棒材,将所述镁合金棒材风冷至室温,即得到低成本高塑性变形镁合金。

[0035] 实施例4

[0036] 1)以纯镁锭、纯铝锭、镁锰中间合金为原料,进行机械打磨,按Mn:2.0%,Al:0.5%,余量为镁和不可避免的杂质的质量百分含量进行计算配料;

[0037] 2)将纯镁、纯铝和镁锰中间合金在300℃预热30min,然后将纯镁锭放在电阻炉中,在体积比为1:99的SF₆和CO₂的混合气体的保护下使其完全熔化,将镁熔体温度升温到720℃稳定后,将镁锰中间合金和纯铝锭加入到已经完全熔化了了的镁熔体中,当温度上升至720℃时,保温10min后将合金浇注到预热至300℃的模具中,冷却后得到镁合金铸锭;

[0038] 3)将步骤2)得到的镁合金铸锭机加工至指定尺寸,得到镁合金挤压坯料;

[0039] 4)使用挤压模具将步骤3)得到的镁合金挤压坯料在280℃预热2.0h,然后在280℃下对所述镁合金挤压坯料进行热挤压,挤压比40:1,挤压速度为10m/min,得到镁合金棒材,将所述镁合金棒材风冷至室温,即得到低成本高塑性变形镁合金。

[0040] 实施例5

[0041] 1)以纯镁锭、纯铝锭、镁锰中间合金为原料,进行机械打磨,按Mn:3.0%,Al:0.5%,余量为镁和不可避免的杂质的质量百分含量进行计算配料;

[0042] 2)将纯镁、纯铝和镁锰中间合金在300℃预热30min,然后将纯镁锭放在电阻炉中,在体积比为1:99的SF₆和CO₂的混合气体的保护下使其完全熔化,将镁熔体温度升温到720℃稳定后,将镁锰中间合金和纯铝锭加入到已经完全熔化了了的镁熔体中,当温度上升至740℃时,保温10min后将合金浇注到预热至300℃的模具中,冷却后得到镁合金铸锭;

[0043] 3)将步骤2)得到的镁合金铸锭机加工至指定尺寸,得到镁合金挤压坯料;

[0044] 4)使用挤压模具将步骤3)得到的镁合金挤压坯料在280℃预热2.0h,然后在280℃下对所述镁合金挤压坯料进行热挤压,挤压比80:1,挤压速度为10m/min,得到镁合金棒材,将所述镁合金棒材风冷至室温,即得到低成本高塑性变形镁合金。

[0045] 二、性能验证

[0046] 采用GB/T 228.1:2010标准设计拉伸试样,拉伸速率为1.5 mm/s,对实施例1~5制备的镁合金进行测试,结果如表1所示。

[0047] 表1

实施例	Mn	Al	Mg	抗拉强度 (MPa)	屈服强度 (MPa)	延伸率
实施例1	1.0%	0.3%	余量	248	240	31%
实施例2	0.5%	0.5%	余量	288	278	23.4%
实施例3	0.5%	0.1%	余量	244	227	30.3%
实施例4	2.0%	0.5%	余量	253	244	27%
实施例5	3.0%	0.5%	余量	215	207	34.2%

[0049] 由表1可以看出,本发明制备的Mg-Al-Mn镁合金材料的延伸率可达到23.4~34.2%,屈服强度可达到207~278MPa,与同类产品相比,本发明镁合金材料在塑性远优于现有的高塑性镁合金的同时,屈服强度也有较大的提升。适用于3C产品外壳、休闲用品承重结构及航空航天零部件等,具有良好的产业化前景。

[0050] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不以本发明为限制,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。