



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105886819 B

(45)授权公告日 2017.07.25

(21)申请号 201610406035.4

G22C 23/00(2006.01)

(22)申请日 2016.06.07

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105886819 A

CN 103725906 A, 2014.04.16,
JP 2011099136 A, 2011.05.19,
CN 102899545 A, 2013.01.30,
CN 1858279 A, 2006.11.08,
CN 103205591 A, 2013.07.17,
CN 1966747 A, 2007.05.23,

(43)申请公布日 2016.08.24

(73)专利权人 中国兵器工业第五九研究所
地址 400039 重庆市九龙坡区渝州路33号

审查员 唐郡

(72)发明人 陈强 万元元 陶健全 李晓松
赵祖德 王艳彬 张帷 王辉

(74)专利代理机构 重庆弘旭专利代理有限责任
公司 50209

代理人 文巍

(51)Int.Cl.

G22C 1/06(2006.01)

G22C 1/03(2006.01)

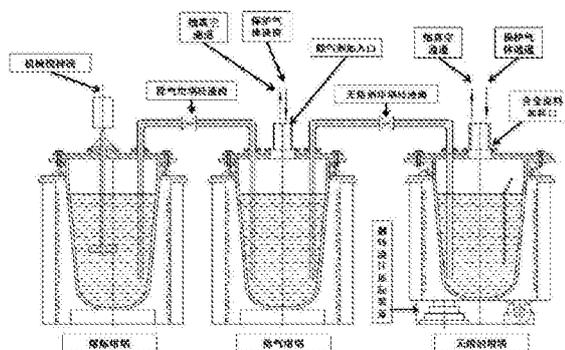
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种高品质含锆镁合金连续熔炼铸造方法

(57)摘要

本发明提供了一种高品质含锆镁合金连续熔炼铸造方法,所述熔炼包括:高密度熔剂精炼除杂、零杂质带入型除气处理以及无熔剂高效合金化三个连续步骤;高密度熔剂除杂实现纯镁熔体和熔渣的快速分离;然后通过添加零杂质带入石蜡-石墨除气剂,对精炼后的纯镁熔体进行除气处理;最后在无熔剂坩埚中添加锌元素、等温模锻变形处理的镁锆中间合金和等温模锻变形处理的镁稀土中间合金完成合金化,并通过坩埚倾转方式,完成高品质含锆镁合金熔体浇注成形。本发明满足了含锆铸造镁合金的成分时效敏感性和高熔体质量要求,提供了一种低夹杂含量、合金元素高效利用、熔体含气量低和能实现连续熔炼铸造的高品质含锆镁合金连续熔炼铸造方法。



1. 一种高品质含锆镁合金连续熔炼铸造方法,所述熔炼包括:高密度熔剂精炼除杂、零杂质带入型除气处理以及无熔剂高效合金化三个连续步骤;高密度熔剂除杂实现纯镁熔体和熔渣的快速分离;然后通过添加零杂质带入石蜡-石墨除气剂,对精炼后的纯镁熔体进行除气处理;最后在无熔剂坩埚中添加锌元素、等温模锻变形处理的镁锆中间合金和等温模锻变形处理的镁稀土中间合金完成合金化,并通过坩埚倾转方式,完成高品质含锆镁合金熔体浇注成形;

所述高品质含锆镁合金连续熔炼铸造方法包括以下步骤:

(1) 将适量镁含量质量分数大于99.5%的纯镁锭放入低碳钢质熔炼坩埚中,在镁锭底部和各码放层中均匀撒入RJ-2熔剂,RJ-2熔剂使用量占镁锭质量分数1-1.5%,然后将熔炼炉温度设定为830-850℃,使镁锭快速熔化,并调整熔体温度在750-760℃之间,接着使用配方为(44-46)wt%MgCl₂+ (38-40)wt%KCl+(14-18)wt%CaF₂的自制高密度精炼剂,配合转速为260-400转/分钟的低碳钢质机械搅拌器,对熔体进行10-15分钟的精炼处理,然后调整熔体温度为700-710℃;

(2) 当熔炼坩埚中熔体温度至700-710℃,使用真空吸液方法,通过低碳钢转液通道,将熔炼坩埚中的纯镁熔体转移至除气坩埚中;将精炼锅中熔体升温至740-750℃,使用低碳钢质除气钟罩,分批多次向纯镁熔体加入占熔体质量分数0.25-0.5%的石蜡-石墨除气剂,除气处理时间为10-20分钟,除气钟罩在熔体内部上下均匀运动,除气过程使用二氧化碳加六氟化硫混合气体保护熔体表面,除气处理后,调整熔体温度为700-710℃;

(3) 当除气坩埚中熔体温度为700-710℃,使用真空吸液的方法,通过低碳钢转液通道,将除气坩埚中的纯镁熔体转移至无熔剂坩埚中,无熔剂坩埚中使用二氧化碳加六氟化硫混合气体保护熔体表面;调整熔体温度为760-770℃,首先向坩埚内添加适量纯锌锭或其他合金元素,然后向坩埚内加入预热至260-300℃,经等温模锻变形处理的镁锆中间合金和等温模锻变形处理的镁稀土中间合金,使用人工捞底搅拌方式,搅拌合金熔体3-5分钟,搅拌结束后检测合金成分,成分合格后,调整熔体至浇注温度,倾转坩埚进行熔体浇注成型。

2. 如权利要求1所述的高品质含锆镁合金连续熔炼铸造方法,所述石蜡-石墨除气剂由半精炼石蜡和石墨粉组成,其中石蜡:石墨粉质量分数之比为1.5:1。

3. 如权利要求1或2所述的高品质含锆镁合金连续熔炼铸造方法,所述步骤(3)中的镁锆中间合金和镁稀土中间合金的等温模锻变形量控制在40-60%,等温模锻变形温度为400-440℃。

一种高品质含锆镁合金连续熔炼铸造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种金属材料技术领域的铸造镁合金制备方法,具体涉及一种高品质含锆镁合金连续熔炼铸造方法。

背景技术

[0002] 镁合金具有高比强度、高阻尼减震性、高导热性、高比弹性模量、高机械加工性、高静电屏蔽性和较低密度等优点。从上世纪初期,镁合金就逐渐在汽车、航空、航天及军工领域展开应用,现在镁合金产品已经大量应用于自行车、电子产品以及其他民用领域。而且由于镁合金的高回收利用效率,又被誉为21世纪的“绿色工程材料”。

[0003] 铸造镁合金可大致分为三个类别:镁-铝-锌系列、镁-锌-锆系列和镁-稀土-锆系列。其中,镁-铝-锌系列镁合金已实现在低性能军工产品、民用电子和交通工具上应用。随着科学技术的迅猛发展,普通的镁-铝-锌系列镁合金已经难以满足某些高端大型智能工业装备对镁合金材料力学性能和耐热性能的新要求。通过在镁合金中加入锆元素,能强烈细化铸造镁合金晶粒尺寸,使镁合金通过细晶强化作用,获得抗拉强度大于300MPa,断后伸长率大于6%的铸造镁合金,再通过复合添加稀土元素,能获得在高温下稳定工作的耐热铸造镁合金。所以,含锆铸造镁合金已经成为新一代军事装备和高端大型智能工业装备的热门新材料。

[0004] 但是目前我国含锆镁合金铸造工艺仍然沿用传统熔炼铸造工艺技术,使得含锆镁合金内部夹杂较多,工艺稳定性不高,铸造成本高(锆元素、稀土元素损耗大),造成含锆镁合金应用范围受到较大限制。

[0005] 近年来,在高品质镁合金连续熔炼铸造技术方面的研究报道也较多。

[0006] 在中国专利CN 101423900B中公开了一种镁合金大型连续熔炼系统,该系统通过将感应加热、熔剂精炼、氩气精炼、过滤处理和静置处理有效连接起来,达到连续生产镁合金熔体的目的。但是该装置不能有效的将熔炼初期镁合金熔体中卷入的熔剂进行有效物理隔离,且不能进行合金化,所以此装置只能实现普通牌号镁合金连续供液,不适合于具有时效敏感性和熔剂夹杂高敏感性的含锆铸造镁合金连续铸造工艺。

[0007] 在中国专利CN1275722中记载了用于镁合金板材生产的镁合金双辊连续铸造方法和设备,该方法是将镁合金熔炼炉和保温炉用管路进行联通,通过虹吸方法实现熔体转移,并使用非金属陶瓷过滤片提高熔体洁净度。该方法简单有效,容易实施,但是针对浇注用高质量镁锆系列合金熔体而言,该方法没有将精炼除杂处理和熔体除气处理进行足够重视,导致合金熔体质量降低,最终使得铸件浇注合格率难以提高,不能满足含锆铸造镁合金铸件质量要求。

发明内容

[0008] 本发明针对现有技术不能满足含锆铸造镁合金的成分时效敏感性和高熔体质量要求,提供了一种低夹杂含量、合金元素高效利用、熔体含气量低和能实现连续熔炼铸造的

高品质含锆镁合金连续熔炼铸造方法。

[0009] 本发明的目的是通过以下措施实现的：

[0010] 一种高品质含锆镁合金连续熔炼铸造方法，所述熔炼包括：高密度熔剂精炼除杂、零杂质带入型除气处理以及无熔剂高效合金化三个连续步骤。高密度熔剂对纯镁熔体进行精炼除杂，借助精炼熔体的高密度实现纯镁熔体和熔渣实现快速分离；然后通过添加零杂质带入的石蜡-石墨除气剂，对精炼后的纯镁熔体进行除气处理；最后在无熔剂坩埚中添加锌元素、等温模锻变形处理的镁锆中间合金和等温模锻变形处理的镁稀土中间合金完成合金化，并通过坩埚倾转方式，完成高品质含锆镁合金熔体浇注成形。

[0011] 上述高品质含锆镁合金连续熔炼铸造方法，包括以下步骤：

[0012] (1) 将适量镁含量质量分数大于99.5%的纯镁锭放入低碳钢质熔炼坩埚中，在镁锭底部和各码放层中均匀撒入RJ-2熔剂，RJ-2熔剂使用量占镁锭质量分数1-1.5%，然后将熔炼炉温度设定为830-850℃，使镁锭快速熔化，并调整熔体温度在750-760℃之间，接着使用配方为(44-46)wt%MgCl₂+ (38-40)wt%KCl+ (14-18)wt%CaF₂的自制高密度精炼剂，配合转速为260-400转/分钟的低碳钢质机械搅拌器，对熔体进行10-15分钟的精炼处理，然后调整熔体温度为700-710℃；

[0013] (2) 当熔炼坩埚中熔体温度将至700-710℃，使用真空吸液方法，通过低碳钢转液通道，将熔炼坩埚中的纯镁熔体转移至除气坩埚中。将精炼锅中熔体升温至740-750℃，使用低碳钢质除气钟罩，分批多次向纯镁熔体加入占熔体质量分数0.25-0.5%的石蜡-石墨除气剂，除气处理时间为10-20分钟，除气钟罩在熔体内部上下均匀运动，除气过程使用二氧化碳加六氟化硫混合气体保护熔体表面，除气处理后，调整熔体温度为700-710℃；

[0014] (3) 当除气坩埚中熔体温度为700-710℃，使用真空吸液的方法，通过低碳钢转液通道，将除气坩埚中的纯镁熔体转移至无熔剂坩埚中，无熔剂坩埚中使用二氧化碳加六氟化硫混合气体保护熔体表面。调整熔体温度为760-770℃，首先向坩埚内添加适量纯锆锭或其他合金元素，然后向坩埚内加入预热至260-300℃，经等温模锻变形处理的镁锆中间合金和等温模锻变形处理的镁稀土中间合金(优选的，镁锆中间合金和镁稀土中间合金的等温模锻变形量控制在40-60%，等温模锻变形温度为400-440℃)，使用人工捞底搅拌方式，搅拌合金熔体3-5分钟，搅拌结束后检测合金成分，成分合格后，调整熔体至浇注温度，倾转坩埚进行熔体浇注成型。

[0015] 优选的，上述石蜡-石墨除气剂由半精炼石蜡和石墨粉组成，其中石蜡：石墨粉质量分数之比为1.5:1。

[0016] 有益效果

[0017] 1. 本发明采用三道次分步制备含锆铸造镁合金熔体，能实现高品质含锆镁合金连续铸造。不仅快速分离出纯镁熔体中夹杂物，还实现对熔体进行高效脱气处理，并且不带入任何杂质；同时，提高锆元素和稀土元素收得率，增加合金熔体变质效果，提高熔炼效率；而且进一步避免了合金熔体氧化和吸气。

[0018] 2. 本发明所述高品质含锆镁合金连续铸造方法，可以制备用于金属模铸造、半连续铸造和砂型铸造等铸造工艺所需的高品质含锆铸造镁合金熔体。与现有含锆镁合金熔体制备方法相比，本方法所制备含锆铸造镁合金熔体夹杂少、含气量低、中间合金收得率高、合金成分均匀，产品质量控制力度更强，适合于大规模工业化生产。

[0019] 3. 本发明制备的含锆镁合金铸件, 每 4000cm^2 面积上, 熔剂夹杂点数小于等于2个, 熔剂夹杂总面积不大于 10mm^2 ; 合金含气量不大于 $2.8 \times 10^{-6}\text{L/g}$; 锆元素收得率大于等于85%, 稀土元素收得率大于等于92%。

附图说明

[0020] 图1本发明工艺流程及设备示意图。

具体实施方式

[0021] 以下结合实施例对本发明作进一步详细描述。

[0022] 实施例1: (ZE41A)

[0023] 一种高品质含锆镁合金连续熔炼铸造方法, 包括以下步骤:

[0024] (1) 将89kg镁含量质量分数大于99.5%的纯镁锭放入低碳钢质熔炼坩埚中, 在镁锭底部和各码放层中均匀撒入RJ-2熔剂, RJ-2熔剂使用量占镁锭质量分数1%, 然后将熔炼炉温度设定为 830°C , 使镁锭快速熔化, 并调整熔体温度在 750°C , 接着使用配方为46wt% MgCl_2 +40wt% KCl +14wt% CaF_2 的自制高密度精炼剂, 配合转速为260转/分钟的低碳钢质机械搅拌器, 对熔体进行10分钟的精炼处理, 然后调整熔体温度为 706°C 。

[0025] (2) 当熔炼坩埚中熔体温度至 706°C , 使用真空吸液方法, 通过低碳钢转液通道, 将熔炼坩埚中的纯镁熔体转移至除气坩埚中。将精炼锅中熔体升温至 740°C , 使用低碳钢质除气钟罩, 分批多次向纯镁熔体加入占熔体质量分数0.5%的石蜡-石墨除气剂(石蜡-石墨除气剂由半精炼石蜡和石墨粉组成, 其中石蜡:石墨粉质量分数之比为1.5:1), 除气处理时间为10分钟, 除气钟罩在熔体内部上下均匀运动, 除气过程使用二氧化碳加六氟化硫混合气体保护熔体表面, 除气处理后, 调整熔体温度为 706°C 。

[0026] (3) 当除气坩埚中熔体温度为 706°C , 使用真空吸液的方法, 通过低碳钢转液通道, 将除气坩埚中的纯镁熔体转移至无熔剂坩埚中, 无熔剂坩埚中使用二氧化碳加六氟化硫混合气体保护熔体表面。调整熔体温度为 760°C , 首先向坩埚内添加适量纯锌锭4.25kg, 然后向坩埚内加入预热至 260°C 的等温模锻变形处理镁锆30中间合金2.50kg和等温模锻变形处理镁稀土30中间合金5.2kg(镁锆30中间合金和镁稀土30中间合金的等温模锻变形处理温度为 400°C , 锻压变形量为40%), 使用人工捞底搅拌方式, 搅拌合金熔体3分钟, 搅拌结束后检测合金成分, 成分合格后, 调整熔体至 760°C , 倾转坩埚进行熔体浇注成型。

[0027] 本实施例制备的产品夹杂少、含气量低、中间合金收得率高、合金成分均匀, 产品质量控制力度更强; ZE41A镁合金铸件上, 每 4000cm^2 面积上, 熔剂夹杂点数等于2个, 熔剂夹杂总面积为 10mm^2 ; 合金含气量为 $2.5 \times 10^{-6}\text{L/g}$; 锆元素收得率为85%, 稀土元素收得率为94%。

[0028] 实施例2: (ZE63A)

[0029] 一种高品质含锆镁合金连续熔炼铸造方法, 包括以下步骤:

[0030] (1) 将162kg镁含量质量分数大于99.5%的纯镁锭放入低碳钢质熔炼坩埚中, 在镁锭底部和各码放层中均匀撒入RJ-2熔剂, RJ-2熔剂使用量占镁锭质量分数1.5%, 然后将熔炼炉温度设定为 850°C , 使镁锭快速熔化, 并调整熔体温度在 760°C , 接着使用配方为44wt% MgCl_2 +38wt% KCl +18wt% CaF_2 的自制高密度精炼剂, 配合转速为400转/分钟的低碳钢质机

械搅拌器,对熔体进行15分钟的精炼处理,然后调整熔体温度为710℃。

[0031] (2) 当熔炼坩埚中熔体温度至710℃,使用真空吸液方法,通过低碳钢转液通道,将熔炼坩埚中的纯镁熔体转移至除气坩埚中。将精炼锅中熔体升温至750℃,使用低碳钢质除气钟罩,分批多次向纯镁熔体加入占熔体质量分数0.35%的石蜡-石墨除气剂(石蜡-石墨除气剂由半精炼石蜡和石墨粉组成,其中石蜡:石墨粉质量分数之比为1.5:1),除气处理时间为20分钟,除气钟罩在熔体内部上下均匀运动,除气过程使用二氧化碳加六氟化硫混合气体保护熔体表面,除气处理后,调整熔体温度为710℃。

[0032] (3) 当除气坩埚中熔体温度为710℃,使用真空吸液的方法,通过低碳钢转液通道,将除气坩埚中的纯镁熔体转移至无熔剂坩埚中,无熔剂坩埚中使用二氧化碳加六氟化硫混合气体保护熔体表面。调整熔体温度为770℃,首先向坩埚内添加适量纯锌锭11.6Kg,然后向坩埚内加入预热至300℃的等温模锻变形处镁锆30中间合金6kg和等温模锻变形处镁稀土30中间合金20.1kg(镁锆30中间合金和镁稀土30中间合金的等温模锻变形处理温度为420℃,锻压变形量为50%),使用人工捞底搅拌方式,搅拌合金熔体5分钟,搅拌结束后检测合金成分,成分合格后,调整熔体至770℃,倾转坩埚进行熔体浇注成型。

[0033] 本实施例制备的产品夹杂少、含气量低、中间合金收得率高、合金成分均匀,产品质量控制力度更强;ZE63A镁合金铸件上,每4000cm²面积上,熔剂夹杂点数等于1个,熔剂夹杂总面积为8mm²;合金含气量为 2.8×10^{-6} L/g;锆元素收得率为86%,稀土元素收得率为92%。

[0034] 实施例3:(ZK61A)

[0035] 一种高品质含锆镁合金连续熔炼铸造方法,包括以下步骤:

[0036] (1) 将160kg镁含量质量分数大于99.5%的纯镁锭放入低碳钢质熔炼坩埚中,在镁锭底部和各码放层中均匀撒入RJ-2熔剂,RJ-2熔剂使用量占镁锭质量分数1.3%,然后将熔炼炉温度设定为840℃,使镁锭快速熔化,并调整熔体温度在755℃,接着使用配方为45wt%MgCl₂+39wt%KCl+16wt%CaF₂的自制高密度精炼剂,配合转速为330转/分钟的低碳钢质机械搅拌器,对熔体进行12分钟的精炼处理,然后调整熔体温度为700℃。

[0037] (2) 当熔炼坩埚中熔体温度至700℃,使用真空吸液方法,通过低碳钢转液通道,将熔炼坩埚中的纯镁熔体转移至除气坩埚中。将精炼锅中熔体升温至740℃,使用低碳钢质除气钟罩,分批多次向纯镁熔体加入占熔体质量分数0.25%的石蜡-石墨除气剂(石蜡-石墨除气剂由半精炼石蜡和石墨粉组成,其中石蜡:石墨粉质量分数之比为1.5:1),除气处理时间为15分钟,除气钟罩在熔体内部上下均匀运动,除气过程使用二氧化碳加六氟化硫混合气体保护熔体表面,除气处理后,调整熔体温度为700℃。

[0038] (3) 当除气坩埚中熔体温度为700℃,使用真空吸液的方法,通过低碳钢转液通道,将除气坩埚中的纯镁熔体转移至无熔剂坩埚中,无熔剂坩埚中使用二氧化碳加六氟化硫混合气体保护熔体表面。调整熔体温度为770℃,首先向坩埚内添加适量纯锌锭9.2kg,然后向坩埚内加入预热至275℃的等温模锻变形处理镁锆30中间合金4.85kg(镁锆30中间合金等温模锻变形处理温度为440℃,锻压变形量为60%),使用人工捞底搅拌方式,搅拌合金熔体5分钟,搅拌结束后检测合金成分,成分合格后,调整熔体至750℃,倾转坩埚进行熔体浇注成型。

[0039] 本实施例制备的产品夹杂少、含气量低、中间合金收得率高、合金成分均匀,产品

质量控制力度更强;ZK61A镁合金铸件上,每4000cm²面积上,熔剂夹杂点数等于2个,熔剂夹杂总面积为7mm²;合金含气量为 2.7×10^{-6} L/g;锆元素收得率为87.5%。

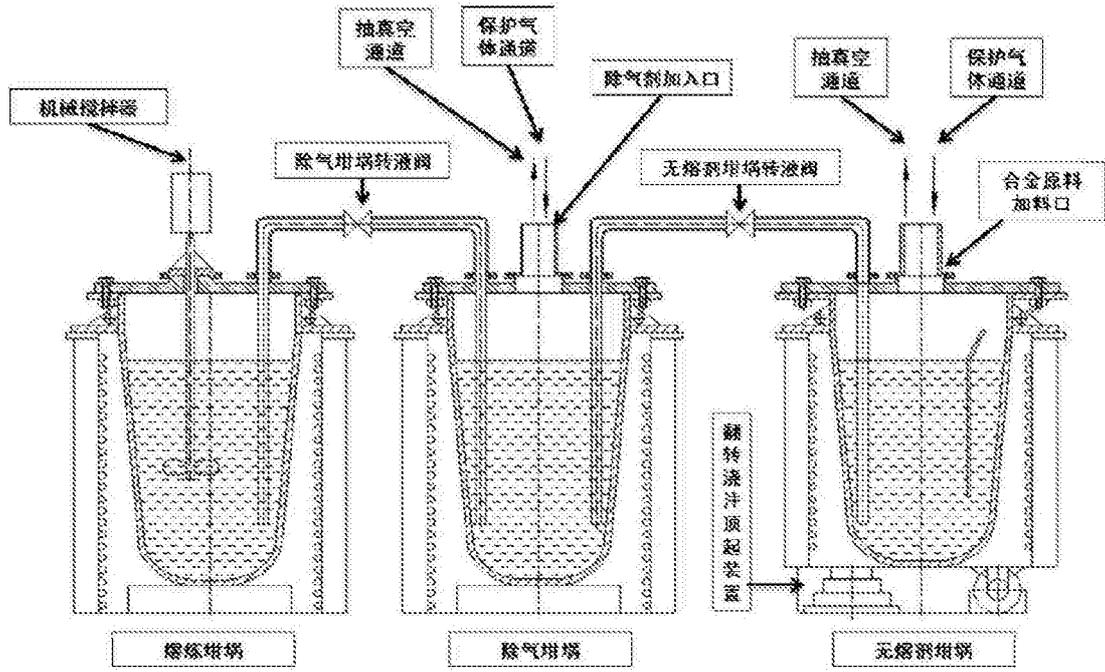


图1