



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104561689 B

(45)授权公告日 2017.04.12

(21)申请号 201510039580.X

G22F 1/043(2006.01)

(22)申请日 2015.01.26

B22D 18/02(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 艾西

申请公布号 CN 104561689 A

(43)申请公布日 2015.04.29

(73)专利权人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

(72)发明人 隋育栋 王渠东

(74)专利代理机构 上海汉声知识产权代理有限公司 31236

代理人 郭国中 陈少凌

(51)Int.Cl.

G22C 21/02(2006.01)

G22C 1/03(2006.01)

G22C 1/06(2006.01)

权利要求书1页 说明书7页

(54)发明名称

一种耐热铸造铝合金及其挤压铸造方法

(57)摘要

本发明涉及一种耐热铸造铝合金及其挤压铸造制备方法,属于金属材料类及冶金领域。该合金由按一定重量百分数计的如下元素组成:Si,Cu,Ni,Mg,Ti,RE,Mn,Fe,Al。本发明的耐热铸造铝合金经挤压铸造制备并对其实施固溶+人工时效处理后,合金的室温抗拉强度 $\sigma_b \geq 420\text{MPa}$ ,300℃抗拉强度 $\sigma_b \geq 220\text{MPa}$ ,350℃抗拉强度 $\sigma_b \geq 140\text{MPa}$ ;室温延伸率 $\delta \geq 2.5\%$ ,300℃延伸率 $\delta \geq 6.5\%$ ,350℃延伸率 $\delta \geq 14.5\%$ 。本发明的合金及其挤压铸造制备方法改善了铸造性能,大幅度提高了合金的室温及高温机械性能,扩大了Al-Si系铸造铝合金的应用范围。

1. 一种耐热铸造铝合金,其特征在于,由按重量百分数计的如下元素组成:Si10.5%,Cu4.5%,Ni2.5%,Mg0.9%,Ti0.1%,Gd0.2%,Y0.3%,Nd0.15%,Sm0.02%,Mn0.2%,Fe1.3%,余量为Al和不可避免的杂质,不可避免的杂质小于0.2%。

2. 一种如权利要求1所述的耐热铸造铝合金的铸造方法,其特征在于,包括如下步骤:

a、熔炼合金,得到铝合金熔体;

b、对所述铝合金熔体进行挤压铸造,得到铝合金铸件;

c、将所述铝合金铸件依次进行固溶处理、冷却处理和时效处理后,得到耐热铸造铝合金。

3. 如权利要求2所述的铸造方法,其特征在于,步骤a具体包括如下操作:

将工业纯铝、工业纯镁、Al-Si中间合金、Al-Cu中间合金、Al-Ni中间合金、Al-Mn中间合金、稀土中间合金和Al-Ti-B中间合金分别在200~250℃下进行预热;

将所述工业纯铝进行熔化,待工业纯铝熔化30~80%时加入Al-Si中间合金,待工业纯铝以及Al-Si中间合金全部熔化后搅匀,在720~740℃加入Al-Cu中间合金、Al-Ni中间合金、Al-Mn中间合金及稀土中间合金,保温后搅匀,升温至710~730℃后加入Al-Ti-B中间合金,搅拌静置后,在700~720℃加入工业纯镁,待所述工业纯镁完全熔化后,在710~730℃时加入精炼剂进行精炼,精炼后静置20~40分钟,在680~700℃撇去表面浮渣,获得铝合金熔体。

4. 如权利要求3所述的铸造方法,其特征在于,所述精炼剂的加量低于所有原料总重量的5%。

5. 如权利要求4所述的铸造方法,其特征在于,所述精炼剂是常规的含无机盐的铝合金精炼剂或六氯乙烷。

6. 如权利要求2所述的铸造方法,其特征在于,步骤b具体包括如下操作:

将所述铝合金熔体在680~700℃下浇注到预热至200~300℃的金属型模具中,以10~120MPa,保压0.5~5分钟。

7. 如权利要求2所述的铸造方法,其特征在于,步骤c中所述的固溶处理的温度490~540℃,时间为4~18小时。

8. 如权利要求2所述的铸造方法,其特征在于,步骤c中所述的冷却处理是指按照常规的炉冷、空冷或水淬方式进行冷却。

9. 如权利要求2所述的铸造方法,其特征在于,步骤c中所述的时效处理的温度170~250℃,时间为10~40小时。

## 一种耐热铸造铝合金及其挤压铸造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及的是一种铸造铝合金及其制备方法,具体是耐热铸造铝合金及其挤压铸造制备方法,属于金属材料类及冶金领域。

### 背景技术

[0002] 随着全球石油资源的短缺,各国出台了日益严格的汽车尾气排放标准,生产出重量轻、油耗少、环保型的新型汽车是汽车工业中日益严峻的话题。为了减少能耗、降低大气污染、提高发动机的效率,提高燃烧温度已经成为发动机的重要发展趋势,相应的对发动机配件的高温强度提出了更高的要求。活塞被称为发动机的“心脏”,它是发动机中最重要的零件之一,其功用是承受气体压力,并通过活塞销传给连杆驱使曲轴旋转。在发动机工作时,活塞直接与瞬时温度2200℃的高温气体接触,其顶部温度达300-400℃,且还承受着很大的气体压力,汽油机达4-5MPa,柴油机高达8-9MPa,甚至更高。因此活塞承受着高温、高压的热负荷和机械负荷。随着发动机功率的不断提高,对活塞铝合金的力学性能、耐热性及耐磨性等性能提出了更高的要求。

[0003] 由于活塞主要在高温下使用,而主要提高合金室温强度的Mg<sub>2</sub>Si、Al<sub>2</sub>Cu等时效析出相在高温下粗化,难以再对晶界起到有效的钉扎作用。而稀土的化学活性介于碱金属和碱土金属之间,比其他金属活泼。稀土在铝合金铸造过程中起到细化初晶硅和共晶硅、微合金化及净化熔体等作用。铝合金中大多数含铁相的结晶组织都十分粗大,直接影响合金的机械性能,降低合金的流动性,增加组织不均匀性,添加稀土,可以改变铁相的存在形态,提高铝合金的铸造性能。稀土与铝合金中的多种元素形成许多含稀土的金属间化合物,这些呈弥散分布的高熔点化合物具有很好的耐热性与热稳定性,呈网状分布于晶界或枝晶间,细化了组织,有效地阻碍了基体变形和晶界移动并对位错移动起到很好的钉扎作用,从而明显提高合金的高温性能。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种高温性能优良、铸造性能良好、工艺稳定性好且经济成本低的耐热铸造铝合金及其挤压铸造制备方法,尤其适用于车用发动机的活塞中。

[0005] 本发明的目的是通过以下技术方案来实现的:

[0006] 一方面,本发明提供了一种耐热铸造铝合金,其由按重量百分数计的如下元素组成:Si9.0~14.0%,Cu2.0~5.5%,Ni1.0~3.5%,Mg0.6~1.5%,Ti0.05~0.2%,RE0.01~1.5%,Mn0.05~0.25%,Fe0.6~1.3%,余量为Al和不可避免的杂质。

[0007] 作为优选方案,所述RE为Gd、Y、Nd、Sm、Er、Yb、La中的至少一种。

[0008] 另一方面,本发明还提供了一种如所述的耐热铸造铝合金的铸造方法,其包括如下步骤:

[0009] a、熔炼合金,得到铝合金熔体;

[0010] b、对所述铝合金熔体进行挤压铸造,得到铝合金铸件;

[0011] c、将所述铝合金铸件依次进行固溶处理、冷却处理和时效处理后,得到耐热铸造铝合金。

[0012] 作为优选方案,步骤a具体包括如下操作:

[0013] 将工业纯铝、工业纯镁、Al-Si中间合金、Al-Cu中间合金、Al-Ni中间合金、Al-Mn中间合金、稀土中间合金和Al-Ti-B中间合金分别在200~250℃下进行预热;

[0014] 将所述工业纯铝进行熔化,待工业纯铝熔化30~80%时加入Al-Si中间合金,待工业纯铝以及Al-Si中间合金全部熔化后搅匀,在720~740℃加入Al-Cu中间合金、Al-Ni中间合金、Al-Mn中间合金及稀土中间合金,保温后搅匀,升温至710~730℃后加入Al-Ti-B中间合金,搅拌静置后,在700~720℃加入工业纯镁,待所述工业纯镁完全熔化后,在710~730℃时加入精炼剂进行精炼,精炼后静置20~40分钟,在680~700℃撇去表面浮渣,获得铝合金熔体。

[0015] 作为优选方案,所述精炼剂是常规的含钠盐、钾盐、氟盐等无机盐的铝合金精炼剂或六氯乙烷,所述无机盐包括钠盐、钾盐、氟盐等。

[0016] 作为优选方案,步骤b具体包括如下操作:

[0017] 将所述铝合金熔体在680~700℃下浇注到预热至200~300℃的金属型模具中,以10~120MPa,保压0.5~5分钟。

[0018] 作为优选方案,步骤c中所述的固溶处理的温度490~540℃,时间为4~18小时。

[0019] 作为优选方案,步骤c中所述的冷却处理是指按照常规的炉冷、空冷或水淬方式进行冷却。

[0020] 作为优选方案,步骤c中所述的时效处理的温度170~250℃,时间为10~40小时。在Al-Si合金中,Si量一般在4%~20%之间,而铝硅合金在共晶成分附近(9%~14%)的流动性、热裂性等铸造性能最好。

[0021] 在Al-Si合金中加入Cu、Mg等元素,可以形成室温强化相 $Al_2Cu$ 、 $Mg_2Si$ 和高温强化相 $Al_5Cu_2Mg_8Si_6$ ,通常Al-Si-Cu-Mg合金中Cu的加入量在5.0wt.%以下,Mg加入量为1wt.%时,合金的力学性能最好。Ni加入到Al-Si-Cu-Mg合金中可形成 $Al_3Ni$ 、 $Al_3CuNi$ 和 $Al_7Cu_4Ni$ 等耐热强化相,这些复杂强化相不仅可以提高合金力学性能,还可以降低合金线膨胀系数。对于挤压铸造Al-Si系合金而言,Fe含量须大于0.6wt.%以防止粘模及提高合金的高温性能,但Fe含量过高时则会在基体中形成粗大的片状和针状相,使合金的强度和塑性降低,因此在合金中加入Mn降低Fe对合金的有害影响,且适量的Mn也能提高合金的耐热性和致密性。挤压铸造又称液态模锻,由于高压和塑性变形同时存在,因此挤压铸造制备的铸件无缩孔、疏松等缺陷,组织细密,液态金属或合金利用率高,工序简单,工业应用广泛。

[0022] 本发明合金主要利用稀土的合金化作用,由于RE是化学性质较活泼的元素,其与铜、镍、锰等元素形成高温耐热的金属间化合物,在350℃时能稳定存在。形成的耐热相在活塞合金的晶界处起到很好的钉扎作用,阻碍了变形时位错的移动,增强了合金高温性能,使铸件能承受更高的热负荷。另外,铸造铝合金中加入RE,可以显著降低合金的层错能,抑制高温下位错的攀移及交滑移,使合金具有更好的高温强度,合金的室温抗拉强度 $\sigma_b \geq 420MPa$ ,300℃抗拉强度 $\sigma_b \geq 220MPa$ ,350℃抗拉强度 $\sigma_b \geq 140MPa$ ;室温延伸率 $\delta \geq 2.5\%$ ,300℃延伸率 $\delta \geq 6.5\%$ ,350℃延伸率 $\delta \geq 14.5\%$ 。

[0023] 本发明与现有的活塞材料相比具有以下优点:

[0024] 1) 本方法制备的合金材料具有高温性能优良, 硬度高, 热膨胀系数小等特点, 符合高性能车用发动机活塞的要求, 为铝合金行业在新材料性能上的突破积累了经验。

[0025] 2) 适量的RE可大幅度提高已有高性能活塞合金的高温强度。稀土与Al, Si, Cu, Ni, Mg等元素形成稀土化合物, 大大提高了合金的室温和高温强度。使用稀土处理, 细化了初晶硅和共晶硅, 延伸率也得到提高。

[0026] 3) 稀土在金属溶液中又起到净化溶液、除气除渣作用, 减少了缺陷, 进一步提高合金的性能。

[0027] 4) 工艺上不需要复杂的操作和设备, 铸件具有优良的铸造性能, 操作性强, 便于推广生产。

### 具体实施方式

[0028] 下面结合具体实施例对本发明进行详细说明。以下实施例将有助于本领域的技术人员进一步理解本发明, 但不以任何形式限制本发明。应当指出的是, 对本领域的普通技术人员来说, 在不脱离本发明构思的前提下, 还可以做出若干变形和改进。这些都属于本发明的保护范围。

[0029] 本发明中所选用的各种中间合金均为市售产品。

#### [0030] 实施例1

[0031] 本实施例所述的耐热铸造铝合金的合金成分(重量百分比): 11.69% Si、3.96% Cu、2.0% Ni、0.76% Mg、0.18% Mn、0.1% Ti、1.5% Gd、0.6% Fe, 其他不可避免的杂质小于0.2%, 其余为Al。

[0032] 该合金的熔炼工艺具体步骤为: (1) 将熔炼原料在烘箱中预热至200℃, 保温2小时以上, 将扒渣工具、钟罩等表面清洗除锈涂上涂料, 该涂料采用25%滑石粉和5%水玻璃加入适量的水调和而成, 再置于炉表面烘烤, 烘烤温度为200℃, 烘烤1小时后清理, 以防止合金在熔炼过程中的增铁; (2) 预热坩埚至400℃, 在坩埚底部加入工业纯铝, 纯铝在680~700℃即开始熔化, 待纯铝熔化1/2时加入Al-35Si中间合金, 全部熔化后用石墨棒搅拌使其混合均匀; (3) 降温至730℃加入Al-50Cu中间合金、Al-10Ni中间合金、Al-10Mn中间合金、Mg-90Gd中间合金, 搅拌使其完全熔化; (4) 降温至710℃加入Al-Ti-B中间合金, 搅拌, 静置3~5分钟; (5) 在700℃时用钟罩将铝箔包裹的纯镁压入铝合金液中, 搅拌使其充分熔化; (6) 升温至720℃时进行精炼, 精炼时用钟罩将铝箔包裹的三合一精炼剂压入铝液中水平迂回运动, 约10min精炼完毕后测氢的含量, 并进行炉前检查; (7) 在680℃的浇注温度下静置20min, 撇去表面浮渣, 获得铝合金熔体, 浇注准备; (8) 挤压铸造: 保持铝合金熔体温度为680℃, 模具温度为200℃, 挤压压力为10MPa, 保压时间5分钟。

[0033] 将制得的铸造铝合金进行530℃、10小时的固溶处理、沸水冷却以及250℃、12小时的时效处理, 最后获得耐热铸造铝合金。

[0034] 本实例中铸造的耐热铝合金室温抗拉强度为432Mpa, 延伸率2.5%; 300℃抗拉强度为240MPa, 延伸率6.5%; 350℃抗拉强度为150MPa, 延伸率14.5%。

#### [0035] 对比例2

[0036] 本实施例所述的耐热铸造铝合金的合金成分(重量百分比): 9.0% Si、2.0% Cu、1.0% Ni、0.6% Mg、0.05% Mn、0.05% Ti、0.4% Gd、0.01% Y、0.8% Fe, 其他不可避免的杂质

小于0.2%，其余为Al。

[0037] 该合金的熔炼工艺具体步骤为：(1) 将熔炼原料在烘箱中预热至250℃，保温2小时以上，将扒渣工具、钟罩等表面清洗除锈涂上涂料，该涂料采用25%滑石粉和5%水玻璃加入适量的水调和而成，再置于炉表面烘烤，烘烤温度为220℃，烘烤1小时后清理，以防止合金在熔炼过程中的增铁；(2) 预热坩埚至400℃，在坩埚底部加入工业纯铝，纯铝在680~700℃即开始熔化，待纯铝熔化1/2时加入Al-35Si中间合金，全部熔化后用石墨棒搅拌使其混合均匀；(3) 降温至720℃加入Al-50Cu中间合金、Al-10Ni中间合金、Al-10Mn中间合金、Mg-90Gd中间合金、Mg-25Y中间合金，搅拌使其完全熔化；(4) 降温至720℃加入Al-Ti-B中间合金，搅拌，静置3~5分钟；(6) 在710℃时用钟罩将铝箔包裹的纯镁压入铝合金液中，搅拌使其充分熔化；(7) 升温至730℃时进行精炼，精炼时用钟罩将铝箔包裹的六氯乙烷精炼剂压入铝液中水平迂回运动，约10min精炼完毕后测氢的含量，并进行炉前检查；(8) 在690℃的浇注温度下静置30min，撇去表面浮渣，获得铝合金熔体，浇注准备；(9) 挤压铸造：保持铝合金熔体温度为690℃，模具温度为225℃，挤压压力为30MPa，保压时间4分钟。

[0038] 将制得的铸造铝合金进行520℃、9小时的固溶处理、沸水冷却以及240℃、12小时的时效处理，最后获得耐热铸造铝合金。

[0039] 本实例中铸造的耐热铝合金室温抗拉强度为432Mpa，延伸率3.2%；300℃抗拉强度为228MPa，延伸率6.8%；350℃抗拉强度为142MPa，延伸率15.3%。

#### [0040] 实施例3

[0041] 本实施例所述的耐热铸造铝合金的合金成分(重量百分比)：9.5%Si、5.5%Cu、3.5%Ni、1.5%Mg、0.25%Mn、0.2%Ti、0.05%Gd、0.1%Y、0.02%Nd、1.0%Fe，其他不可避免的杂质小于0.2%，其余为Al。

[0042] 该合金的熔炼工艺具体步骤为：(1) 将熔炼原料在烘箱中预热至220℃，保温2小时以上，将扒渣工具、钟罩等表面清洗除锈涂上涂料，该涂料采用25%滑石粉和5%水玻璃加入适量的水调和而成，再置于炉表面烘烤，烘烤温度为200℃，烘烤1小时后清理，以防止合金在熔炼过程中的增铁；(2) 预热坩埚至500℃，在坩埚底部加入工业纯铝，纯铝在680~700℃即开始熔化，待纯铝熔化1/2时加入Al-35Si中间合金，全部熔化后用石墨棒搅拌使其混合均匀；(3) 降温至740℃加入Al-50Cu中间合金、Al-10Ni中间合金、Al-10Mn中间合金、Mg-90Gd中间合金、Mg-25Y中间合金、Mg-90Nd中间合金，搅拌使其完全熔化；(4) 降温至720℃加入Al-Ti-B中间合金，搅拌，静置3~5分钟；(6) 在720℃时用钟罩将铝箔包裹的纯镁压入铝合金液中，搅拌使其充分熔化；(7) 升温至740℃时进行精炼，精炼时用钟罩将铝箔包裹的六氯乙烷精炼剂压入铝液中水平迂回运动，约10min精炼完毕后测氢的含量，并进行炉前检查；(8) 在700℃的浇注温度下静置40min，撇去表面浮渣，获得铝合金熔体，浇注准备；(9) 挤压铸造：保持铝合金熔体温度为700℃，模具温度为250℃，挤压压力为50MPa，保压时间3分钟。

[0043] 将制得的铸造铝合金进行500℃、8小时的固溶处理、沸水冷却以及170℃、24小时的时效处理，最后获得耐热铸造铝合金。

[0044] 本实例中铸造的耐热铝合金室温抗拉强度为428Mpa，延伸率2.8%；300℃抗拉强度为231MPa，延伸率6.7%；350℃抗拉强度为146MPa，延伸率15.2%。

#### [0045] 实施例4

[0046] 本实施例所述的耐热铸造铝合金的合金成分(重量百分比):10.5%Si、4.5%Cu、2.5%Ni、0.9%Mg、0.2%Mn、0.1%Ti、0.2%Gd、0.3%Y、0.15%Nd、0.02%Sm、1.3%Fe,其他不可避免的杂质小于0.2%,其余为Al。

[0047] 该合金的熔炼工艺具体步骤为:(1)将熔炼原料在烘箱中预热至220℃,保温2小时以上,将扒渣工具、钟罩等表面清洗除锈涂上涂料,该涂料采用25%滑石粉和5%水玻璃加入适量的水调和而成,再置于炉表面烘烤,烘烤温度为220℃,烘烤1小时后清理,以防止合金在熔炼过程中的增铁;(2)预热坩埚至450℃,在坩埚底部加入工业纯铝,纯铝在680~700℃即开始熔化,待纯铝熔化1/2时加入Al-35Si中间合金,全部熔化后用石墨棒搅拌使其混合均匀;(3)降温至720℃加入Al-50Cu中间合金、Al-10Ni中间合金、Al-10Mn中间合金、Mg-90Gd中间合金、Mg-25Y中间合金、Mg-90Nd中间合金、Mg-20Sm中间合金,搅拌使其完全熔化;(4)降温至710℃加入Al-Ti-B中间合金,搅拌,静置3~5分钟;(6)在700℃时用钟罩将铝箔包裹的纯镁压入铝合金液中,搅拌使其充分熔化;(7)升温至710℃时进行精炼,精炼时用钟罩将铝箔包裹的三合一精炼剂压入铝液中水平迂回运动,约10min精炼完毕后测氢的含量,并进行炉前检查;(8)在680℃的浇注温度下静置40min,撇去表面浮渣,获得铝合金熔体,浇注准备;(9)挤压铸造:保持铝合金熔体温度为680℃,模具温度为200℃,挤压压力为80MPa,保压时间2分钟。

[0048] 将制得的铸造铝合金进行480℃、12小时的固溶处理、沸水冷却以及200℃、12小时的时效处理,最后获得耐热铸造铝合金。

[0049] 本实例中铸造的耐热铝合金室温抗拉强度为422Mpa,延伸率2.8%;300℃抗拉强度为227MPa,延伸率6.6%;350℃抗拉强度为140MPa,延伸率14.8%。

#### [0050] 实施例5

[0051] 本实施例所述的耐热铸造铝合金的合金成分(重量百分比):12.5%Si、3.5%Cu、1.5%Ni、1.2%Mg、0.16%Mn、0.15%Ti、0.1%Gd、0.1%Y、0.05%Nd、0.2%Sm、0.1%Er、0.7%Fe,其他不可避免的杂质小于0.2%,其余为Al。

[0052] 该合金的熔炼工艺具体步骤为:(1)将熔炼原料在烘箱中预热至230℃,保温2小时以上,将扒渣工具、钟罩等表面清洗除锈涂上涂料,该涂料采用25%滑石粉和5%水玻璃加入适量的水调和而成,再置于炉表面烘烤,烘烤温度为200℃,烘烤1小时后清理,以防止合金在熔炼过程中的增铁;(2)预热坩埚至420℃,在坩埚底部加入工业纯铝,纯铝在680~700℃即开始熔化,待纯铝熔化1/2时加入Al-35Si中间合金,全部熔化后用石墨棒搅拌使其混合均匀;(3)降温至720℃加入Al-50Cu中间合金、Al-10Ni中间合金、Al-10Mn中间合金、Mg-90Gd中间合金、Al-5Y中间合金、Mg-90Nd中间合金、Mg-20Sm中间合金、Al-20Er中间合金,搅拌使其完全熔化;(4)降温至710℃加入Al-Ti-B中间合金,搅拌,静置3~5分钟;(5)在700℃时用钟罩将铝箔包裹的纯镁压入铝合金液中,搅拌使其充分熔化;(6)升温至710℃时进行精炼,精炼时用钟罩将铝箔包裹的三合一精炼剂压入铝液中水平迂回运动,约10min精炼完毕后测氢的含量,并进行炉前检查;(7)在690℃的浇注温度下静置20min,撇去表面浮渣,获得铝合金熔体,浇注准备;(8)挤压铸造:保持铝合金熔体温度为690℃,模具温度为300℃,挤压压力为120MPa,保压时间0.5分钟。

[0053] 将制得的铸造铝合金进行480℃、18小时的固溶处理、沸水冷却以及170℃、40小时的时效处理,最后获得耐热铸造铝合金。

[0054] 本实例中铸造的耐热铝合金室温抗拉强度为420Mpa,延伸率3.5%;300℃抗拉强度为220MPa,延伸率6.7%;350℃抗拉强度为140MPa,延伸率15.1%。

[0055] 实施例6:

[0056] 本实施例所述的耐热铸造铝合金的合金成分(重量百分比):13.0%Si、3.0%Cu、1.75%Ni、1.3%Mg、0.2%Mn、0.15%Ti、0.05%Gd、0.1%Y、0.05%Nd、0.02%Sm、0.7%Er、0.02%La、0.9%Fe,其他不可避免的杂质小于0.2%,其余为Al。

[0057] 该合金的熔炼工艺具体步骤为:(1)将熔炼原料在烘箱中预热至240℃,保温2小时以上,将扒渣工具、钟罩等表面清洗除锈涂上涂料,该涂料采用25%滑石粉和5%水玻璃加入适量的水调和而成,再置于炉表面烘烤,烘烤温度为200℃,烘烤1小时后清理,以防止合金在熔炼过程中的增铁;(2)预热坩埚至420℃,在坩埚底部加入工业纯铝,纯铝在680~700℃即开始熔化,待纯铝熔化1/2时加入Al-35Si中间合金,全部熔化后用石墨棒搅拌使其混合均匀;(3)降温至720℃加入Al-50Cu中间合金、Al-10Ni中间合金、Al-10Mn中间合金、Mg-90Gd中间合金、Al-5Y中间合金、Mg-90Nd中间合金、Mg-20Sm中间合金、Al-20Er中间合金、Al-20La中间合金,搅拌使其完全熔化;(4)降温至720℃加入Al-Ti-B中间合金,搅拌,静置3~5分钟;(5)在710℃时用钟罩将铝箔包裹的纯镁压入铝合金液中,搅拌使其充分熔化;(6)升温至720℃时进行精炼,精炼时用钟罩将铝箔包裹的六氯乙烷精炼剂压入铝液中水平迂回运动,约10min精炼完毕后测氢的含量,并进行炉前检查;(7)在690℃的浇注温度下静置30min,撇去表面浮渣,获得铝合金熔体,浇注准备;(8)挤压铸造:保持铝合金熔体温度为690℃,模具温度为250℃,挤压压力为40MPa,保压时间3.5分钟。

[0058] 将制得的铸造铝合金进行540℃、4小时的固溶处理、沸水冷却以及250℃、10小时的时效处理,最后获得耐热铸造铝合金。

[0059] 本实例中铸造的耐热铝合金室温抗拉强度为430Mpa,延伸率2.6%;300℃抗拉强度为235MPa,延伸率6.6%;350℃抗拉强度为142MPa,延伸率14.8%。

[0060] 实施例7:

[0061] 本实施例所述的耐热铸造铝合金的合金成分(重量百分比):9.0%Si、4.0%Cu、2.5%Ni、1.4%Mg、0.22%Mn、0.18%Ti、0.05%Gd、0.05%Y、0.02%Nd、0.02%Sm、0.1%Er、0.6%La、0.1%Yb、1.1%Fe,其他不可避免的杂质小于0.2%,其余为Al。

[0062] 该合金的熔炼工艺具体步骤为:(1)将熔炼原料在烘箱中预热至200℃,保温2小时以上,将扒渣工具、钟罩等表面清洗除锈涂上涂料,该涂料采用25%滑石粉和5%水玻璃加入适量的水调和而成,再置于炉表面烘烤,烘烤温度为200℃,烘烤1小时后清理,以防止合金在熔炼过程中的增铁;(2)预热坩埚至400℃,在坩埚底部加入工业纯铝,纯铝在680~700℃即开始熔化,待纯铝熔化1/2时加入Al-35Si中间合金,全部熔化后用石墨棒搅拌使其混合均匀;(3)降温至720℃加入Al-50Cu中间合金、Al-10Ni中间合金、Al-10Mn中间合金、Mg-90Gd中间合金、Al-5Y中间合金、Mg-90Nd中间合金、Mg-20Sm中间合金、Al-20Er中间合金、Al-20La中间合金、Al-10Yb中间合金,搅拌使其完全熔化;(4)降温至720℃加入Al-Ti-B中间合金,搅拌,静置3~5分钟;(5)在710℃时用钟罩将铝箔包裹的纯镁压入铝合金液中,搅拌使其充分熔化;(6)升温至720℃时进行精炼,精炼时用钟罩将铝箔包裹的六氯乙烷精炼剂压入铝液中水平迂回运动,约10min精炼完毕后测氢的含量,并进行炉前检查;(7)在690℃的浇注温度下静置30min,撇去表面浮渣,获得铝合金熔体,浇注准备;(8)挤压铸造:保持



铝合金熔体温度为690℃,模具温度为240℃,挤压压力为60MPa,保压时间2.5分钟。

[0063] 将制得的铸造铝合金进行520℃、10小时的固溶处理、沸水冷却以及200℃、14小时的时效处理,最后获得耐热铸造铝合金。

[0064] 本实例中铸造的耐热铝合金室温抗拉强度为426Mpa,延伸率2.7%;300℃抗拉强度为221MPa,延伸率6.7%;350℃抗拉强度为149MPa,延伸率14.6%。

[0065] 实施例8:

[0066] 本实施例所述的耐热铸造铝合金的合金成分(重量百分比):13.0%Si、4.0%Cu、2.5%Ni、1.4%Mg、0.22%Mn、0.18%Ti、0.05%Gd、0.05%Y、0.02%Nd、0.02%Sm、0.1%Er、0.02%La、0.7%Yb、1.2%Fe,其他不可避免的杂质小于0.2%,其余为Al。

[0067] 该合金的熔炼工艺具体步骤为:(1)将熔炼原料在烘箱中预热至200℃,保温2小时以上,将扒渣工具、钟罩等表面清洗除锈涂上涂料,该涂料采用25%滑石粉和5%水玻璃加入适量的水调和而成,再置于炉表面烘烤,烘烤温度为200℃,烘烤1小时后清理,以防止合金在熔炼过程中的增铁;(2)预热坩埚至400℃,在坩埚底部加入工业纯铝,纯铝在680~700℃即开始熔化,待纯铝熔化1/2时加入Al-35Si中间合金,全部熔化后用石墨棒搅拌使其混合均匀;(3)降温至720℃加入Al-50Cu中间合金、Al-10Ni中间合金、Al-10Mn中间合金、Mg-90Gd中间合金、Al-5Y中间合金、Mg-90Nd中间合金、Mg-20Sm中间合金、Al-20Er中间合金、Al-20La中间合金、Al-10Yb中间合金,搅拌使其完全熔化;(4)降温至720℃加入Al-Ti-B中间合金,搅拌,静置3~5分钟;(5)在710℃时用钟罩将铝箔包裹的纯镁压入铝合金液中,搅拌使其充分熔化;(6)升温至720℃时进行精炼,精炼时用钟罩将铝箔包裹的三合一精炼剂压入铝液中水平迂回运动,约10min精炼完毕后测氢的含量,并进行炉前检查;(7)在690℃的浇注温度下静置30min,撇去表面浮渣,获得铝合金熔体,浇注准备;(8)挤压铸造:保持铝合金熔体温度为690℃,模具温度为210℃,挤压压力为20MPa,保压时间4分钟。

[0068] 将制得的铸造铝合金进行510℃、12小时的固溶处理、沸水冷却以及200℃、14小时的时效处理,最后获得耐热铸造铝合金。

[0069] 本实例中铸造的耐热铝合金室温抗拉强度为432Mpa,延伸率3.1%;300℃抗拉强度为226MPa,延伸率6.8%;350℃抗拉强度为141MPa,延伸率14.5%。

[0070] 以上对本发明的具体实施例进行了描述。需要理解的是,本发明并不局限于上述特定实施方式,本领域技术人员可以在权利要求的范围内做出各种变形或修改,这并不影响本发明的实质内容。