



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103667841 B

(45) 授权公告日 2015.08.05

(21) 申请号 201410018633.5

审查员 马娜

(22) 申请日 2014.01.16

(73) 专利权人 张霞

地址 523000 广东省东莞市虎门镇南面村海
战馆路 A28 号

(72) 发明人 李佩瑾

(51) Int. Cl.

G22C 23/02(2006.01)

G22C 32/00(2006.01)

G22C 1/03(2006.01)

G22C 1/10(2006.01)

G22F 1/06(2006.01)

G21D 8/02(2006.01)

(56) 对比文件

CN 1470662 A, 2004.01.28, 全文.

CN 103305735 A, 2013.09.18, 全文.

权利要求书2页 说明书5页

(54) 发明名称

一种双相颗粒混合增强镁合金及其制备方法

(57) 摘要

本发明提供了一种双相颗粒混合增强镁合金,按照重量百分比含量含有:Gd:0.35-0.45%, Al:2.7-3.3%, Zn:2.0-2.15%, Ca:0.9-1.0%, Sr:1.05-1.1%, Nd:0.35-0.55%, Zr:0.45-0.654%, Sn:0.8-0.9%, Be:0.11-0.14%, Mn:1.1-1.3%, Sb:0.2-0.4%, Cu:0.25-0.31%, SiC 纳米颗粒:4-10%, 氮化硼纳米管颗粒:1-15%, 余量为 Mg, SiC 纳米颗粒的直径小于 100nm, 所述氮化硼纳米管颗粒的尺寸为 100 μm 以下。本发明还提出该合金的制备方法。本合金具有良好力学性能。

1. 一种双相颗粒混合增强镁合金,其特征在于,按照重量百分比含量含有:Gd:0.35-0.45%,Al:2.7-3.3%,Zn:2.0-2.15%,Ca:0.9-1.0%,Sr:1.05-1.1%,Nd:0.35-0.55%,Zr:0.45-0.654%,Sn:0.8-0.9%,Be:0.11-0.14%,Mn:1.1-1.3%,Sb:0.2-0.4%,Cu:0.25-0.31%,SiC纳米颗粒:4-10%,氮化硼纳米管颗粒:1-15%,余量为Mg,SiC纳米颗粒的直径小于100nm,所述氮化硼纳米管颗粒的尺寸为100 μ m以下。

2. 如权利要求1所述的双相颗粒混合增强镁合金,其特征在于,按照重量百分比含量含有:Gd:0.38%,Al:2.8%,Zn:2.1%,Ca:0.9%,Sr:1.08%,Nd:0.37%,Zr:0.52%,Sn:0.85%,Be:0.125%,Mn:1.26%,Sb:0.23%,Cu:0.28%,SiC纳米颗粒:4.6%,氮化硼纳米管颗粒:5.4%,余量为Mg,SiC纳米颗粒的直径为50nm,氮化硼纳米管颗粒的尺寸为80 μ m。

3. 如权利要求1或2所述的双相颗粒混合增强镁合金的制备方法,其特征在于:

(1) 原料准备:按照重量百分比含量进行原料准备,所述原料为纯Mg锭、Mg-Gd中间合金、纯Al锭、纯Zn、Al-Ca中间合金、Al-Sr中间合金、Mg-Nd中间合金、Mg-Zr中间合金、纯Sn、Al-Be中间合金、Al-Mn中间合金、纯Sb、Al-Cu中间合金、氮化硼纳米管颗粒;

纳米SiC颗粒预处理:a、在容器中倒入适量分析纯乙醇,将一定量的干燥SiC纳米颗粒放入容器中,搅拌,充分润湿,SiC颗粒与乙醇的比例为1-5g:3-50ml;b、将占混合物体积1/50~1/10的聚乙烯醇稀溶液加入SiC颗粒与乙醇的混合物中,充分搅拌,混合均匀;c、将含有SiC纳米颗粒的混合物置于烘箱中烘烤,干燥,烘烤温度为80~95 $^{\circ}$ C;

(2) 熔炼:采用气体保护气氛在电阻炉中熔炼合金,熔炼温度为735-760 $^{\circ}$ C,先在熔炼炉中加入纯Mg锭,待纯镁锭完全熔化后,加入Mg-Gd中间合金、纯Al锭、纯Zn、Al-Ca中间合金、Al-Sr中间合金、Mg-Nd中间合金、Mg-Zr中间合金、纯Sn、Al-Be中间合金、Al-Mn中间合金、纯Sb、Al-Cu中间合金,待所有原料完全熔化后进行搅拌,使合金成分均匀,然后加入预处理过的纳米SiC颗粒,再进行搅拌,使其混合均匀,之后再将预热到550-650 $^{\circ}$ C的氮化硼纳米管颗粒掺杂到熔炼的镁合金熔液中,然后搅拌使其成分均匀,将搅拌掺杂后的镁合金熔液充分静置;

(3) 精炼:使熔炼炉升温至775 $^{\circ}$ C~790 $^{\circ}$ C对合金进行精炼,边搅拌边加入耐热镁合金精炼剂,精炼时间为1-4分钟,精炼完后在730 $^{\circ}$ C~740 $^{\circ}$ C保温静置5~8分钟,所述耐热镁合金精炼剂的组成为:NaCl:11%~15%;Na₃AlF₆:8~10%;MgCl₂:30-40%;余量为KCl;

(4) 浇铸:将熔融的镁合金精炼料浇铸到预热温度为180~230 $^{\circ}$ C的铁模具中,浇铸温度为725 $^{\circ}$ C~735 $^{\circ}$ C;铸件规格为 Φ 450mm~ Φ 500mm,长度 \geq 3000mm;

(5) 热处理:将铸件在425-430 $^{\circ}$ C温度范围内进行固溶处理,固溶处理时间为16~24小时,然后进行水淬,将淬火后的铸件放入到200 $^{\circ}$ C的电阻炉中人工时效40小时,制得镁合金坯件;

(6) 变形处理:a. 高温锻造开坯:加热坯料至温度为400 $^{\circ}$ C~440 $^{\circ}$ C保温1~2h;进行双向锻造开坯,锻造成厚度为40-60mm的厚板;道次压下量为20%~40%,每3-6道次锻造后退火1.5h,退火温度为400 $^{\circ}$ C~440 $^{\circ}$ C;b. 加热轧辊至温度为300-340 $^{\circ}$ C;c. 加热厚板至温度为450-460 $^{\circ}$ C,保温20-30分钟后,采用多道次小变形量的方法将厚板轧制成2~10mm薄板,轧辊速度为0.4m/s~0.8m/s;每道次轧制压下量为10%~20%,每道次轧制后回炉退火,退火温度为400 $^{\circ}$ C~440 $^{\circ}$ C,退火时间为30min~40min;

(7) 轧后热处理:将轧后的薄板进行时效处理,所述的时效处理工艺为:时效温度为

225-240℃,保温时间为 12-36h ;再在 195-210℃进行第二次时效处理,时效时间为 12-36h ;最后在 140-170℃进行第三次时效处理,时效时间为 12-36h。

一种双相颗粒混合增强镁合金及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于镁合金材料领域,尤其是一种双相颗粒混合增强镁合金及其制备方法。

背景技术

[0002] 镁合金的晶体结构属密排六方晶格,其塑性变形能力不及铝和钢,增加了镁合金塑性加工的难度和生产制备成本,为此近年的新型镁合金开发研究中,已经开始重视通过变形镁合金中合金相设计和采用新变形工艺等方式,在保证一定强度的同时更注重提高镁合金的塑性加工能力。

[0003] 由于镁合金具有密度小,比刚度和比强度高,而且有着优良导热性能、电磁屏蔽性能、阻尼性能、切削加工性和减震性能,同时具有尺寸稳定、无污染、易回收等一系列优点,是结构轻量化理想材料,在汽车、航空航天、国防及 3C 产品等工业中有着广阔的商业应用前景。然而由于镁合金绝对强度低,室温变形能力较差,易氧化燃烧、易腐蚀等缺陷,限制了其作为结构材料的广泛应用,目前镁合金的应用远不如铝合金广泛。因此,提高镁合金强度使其具有良好的综合性能,是新型镁合金开发的热点,同时高强度镁合金开发对拓展镁合金的应用领域具有重要意义。

发明内容

[0004] 针对现有技术存在的问题,本发明提供一种双相颗粒混合增强镁合金及其制备方法,该工艺方法成本低且简便易行,获得的镁合金具有较高的强度,使得此类镁合金具有比传统商业镁合金优越的力学性能。

[0005] 为达此目的,本发明采用以下技术方案:

[0006] 一种双相颗粒混合增强镁合金,按照重量百分比含量含有:Gd :0.35-0.45%, Al :2.7-3.3%, Zn :2.0-2.15%, Ca :0.9-1.0%, Sr :1.05-1.1%, Nd :0.35-0.55%, Zr :0.45-0.654%, Sn :0.8-0.9%, Be :0.11-0.14%, Mn :1.1-1.3%, Sb :0.2-0.4%, Cu :0.25-0.31%, SiC 纳米颗粒 :4-10%,氮化硼纳米管颗粒 :1-15%,余量为 Mg, SiC 纳米颗粒的直径小于 100nm,所述氮化硼纳米管颗粒的尺寸为 100 μm 以下。

[0007] 更进一步地,按照重量百分比含量含有:Gd :0.38%, Al :2.8%, Zn :2.1%, Ca :0.9%, Sr :1.08%, Nd :0.37%, Zr :0.52%, Sn :0.85%, Be :0.125%, Mn :1.26%, Sb :0.23%, Cu :0.28%, SiC 纳米颗粒 :4.6%,氮化硼纳米管颗粒 :5.4%,余量为 Mg, SiC 纳米颗粒的直径为 50nm,氮化硼纳米管颗粒的尺寸为 80 μm 。

[0008] 所述的双相颗粒混合增强镁合金的制备方法,包括以下步骤:

[0009] (1) 原料准备:按照重量百分比含量进行原料准备,所述原料为纯 Mg 锭、Mg-Gd 中间合金、纯 Al 锭、纯 Zn、Al-Ca 中间合金、Al-Sr 中间合金、Mg-Nd 中间合金、Mg-Zr 中间合金、纯 Sn、Al-Be 中间合金、Al-Mn 中间合金、纯 Sb、Al-Cu 中间合金、氮化硼纳米管颗粒;

[0010] 纳米 SiC 颗粒预处理:a、在容器中倒入适量分析纯乙醇,将一定量的干燥 SiC 纳米

颗粒放入容器中,搅拌,充分润湿,SiC 颗粒与乙醇的比例为 1-5g :3-50ml ;b、将占上述混合物体积 1/50 ~ 1/10 的聚乙烯醇稀溶液加入 SiC 颗粒与乙醇的混合物中,充分搅拌,混合均匀;c、将含有 SiC 纳米颗粒的上述混合物置于烘箱中烘烤,干燥,烘烤温度为 80 ~ 95℃ ;

[0011] (2) 熔炼:采用气体保护气氛在电阻炉中熔炼合金,熔炼温度为 735-760℃ ,先在熔炼炉中加入纯 Mg 锭,待纯镁锭完全熔化后,加入 Mg-Gd 中间合金、纯 Al 锭、纯 Zn、Al-Ca 中间合金、Al-Sr 中间合金、Mg-Nd 中间合金、Mg-Zr 中间合金、纯 Sn、Al-Be 中间合金、Al-Mn 中间合金、纯 Sb、Al-Cu 中间合金,待所有原料完全熔化后进行搅拌,使合金成分均匀,然后加入预处理过的纳米 SiC 颗粒,再进行搅拌,使其混合均匀,之后再将预热到 550-650℃ 的氮化硼纳米管颗粒掺杂到熔炼的镁合金熔液中,然后搅拌使其成分均匀,将搅拌掺杂后的镁合金熔液充分静置;

[0012] (3) 精炼:使熔炼炉升温至 775℃ ~ 790℃ 对合金进行精炼,边搅拌边加入耐热镁合金精炼剂,精炼时间为 1-4 分钟,精炼完后在 730℃ ~ 740℃ 保温静置 5 ~ 8 分钟,所述耐热镁合金精炼剂的组成为: NaCl :11% ~ 15% ;Na₃AlF₆ :8 ~ 10% ;MgCl₂ :30-40% ;余量为 KCl ;

[0013] (4) 浇铸:将熔融的镁合金精炼料浇铸到预热温度为 180 ~ 230℃ 的铁模具中,浇铸温度为 725℃ ~ 735℃ ;铸件规格为 Φ450mm ~ Φ500mm,长度 ≥ 3000mm

[0014] (5) 热处理:将铸件在 425-430℃ 温度范围内进行固溶处理,固溶处理时间为 16 ~ 24 小时,然后进行水淬,将淬火后的铸件放入到 200℃ 的电阻炉中人工时效 40 小时,制得镁合金坯件;

[0015] (6) 变形处理:a. 高温锻造开坯:加热坯料至温度为 400℃ ~ 440℃ 保温 1 ~ 2h ;进行两向锻造开坯,锻造成厚度为 40-60mm 的厚板;道次压下量为 20% ~ 40%,每 3-6 道次锻造后退火 1.5h,退火温度为 400℃ ~ 440℃ ;b. 加热轧辊至温度为 300-340℃ ;c. 加热厚板至温度为 450-460℃ ,保温 20-30 分钟后,采用多道次小变形量的方法将厚板轧制成 2 ~ 10mm 薄板,轧辊速度为 0.4m/s ~ 0.8 m/s ;每道次轧制压下量为 10% ~ 20%,每道次轧制后回炉退火,退火温度为 400℃ ~ 440℃ ,退火时间为 30min ~ 40min ;

[0016] (7) 轧后热处理:将轧后的薄板进行时效处理,所述的时效处理工艺为:时效温度为 225-240℃ ,保温时间为 12-36h ;再在 195-210℃ 进行第二次时效处理,时效时间为 12-36h ;最后在 140-170℃ 进行第三次时效处理,时效时间为 12-36h。

[0017] 所述氮化硼纳米管颗粒是指一个或多个氮化硼纳米管形成的颗粒状物质,其大小为所述颗粒的尺寸。

具体实施方式

[0018] 实施例 1

[0019] 一种双相颗粒混合增强镁合金,按照重量百分比含量含有:Gd :0.35%, Al :2.9%, Zn :2.1%, Ca :0.92%, Sr :1.07%, Nd :0.41%, Zr :0.48%, Sn :0.88%, Be :0.125%, Mn :1.24%, Sb :0.38%, Cu :0.29%, SiC 纳米颗粒 :5%, 氮化硼纳米管颗粒 :4%, 余量为 Mg, SiC 纳米颗粒的直径小于 80nm, 所述氮化硼纳米管颗粒的尺寸为 40 μm。

[0020] 镁合金的制备方法,包括以下步骤:

[0021] (1) 原料准备:按照重量百分比含量进行原料准备,所述原料为纯 Mg 锭、Mg-Gd 中

间合金、纯 Al 锭、纯 Zn、Al-Ca 中间合金、Al-Sr 中间合金、Mg-Nd 中间合金、Mg-Zr 中间合金、纯 Sn、Al-Be 中间合金、Al-Mn 中间合金、纯 Sb、Al-Cu 中间合金、氮化硼纳米管颗粒；

[0022] 纳米 SiC 颗粒预处理 :a、在容器中倒入适量分析纯乙醇,将一定量的干燥 SiC 纳米颗粒放入容器中,搅拌,充分润湿,SiC 颗粒与乙醇的比例为 2g :15ml ;b、将占上述混合物体积 1/48 的聚乙烯醇稀溶液加入 SiC 颗粒与乙醇的混合物中,充分搅拌,混合均匀 ;c、将含有 SiC 纳米颗粒的上述混合物置于烘箱中烘烤,干燥,烘烤温度为 90℃ ;

[0023] (2) 熔炼 :采用气体保护气氛在电阻炉中熔炼合金,熔炼温度为 755℃ ,先在熔炼炉中加入纯 Mg 锭,待纯镁锭完全熔化后,加入 Mg-Gd 中间合金、纯 Al 锭、纯 Zn、Al-Ca 中间合金、Al-Sr 中间合金、Mg-Nd 中间合金、Mg-Zr 中间合金、纯 Sn、Al-Be 中间合金、Al-Mn 中间合金、纯 Sb、Al-Cu 中间合金,待所有原料完全熔化后进行搅拌,使合金成分均匀 ;然后加入预处理过的纳米 SiC 颗粒,再进行搅拌,使其混合均匀,之后再将预热到 550-650℃ 的氮化硼纳米管颗粒掺杂到熔炼的镁合金熔液中,然后搅拌使其成分均匀,将搅拌掺杂后的镁合金熔液充分静置 ;

[0024] (3) 精炼 :使熔炼炉升温至 785℃ 对合金进行精炼,边搅拌边加入耐热镁合金精炼剂,精炼时间为 3 分钟,精炼完后在 735℃ 保温静置 6 分钟,所述耐热镁合金精炼剂的组成为 : NaCl :13% ;Na₃AlF₆ :9% ;MgCl₂ :32% ;余量为 KCl ;

[0025] (4) 浇铸 :将熔融的镁合金精炼料浇铸到预热温度为 195℃ 的铁模具中,浇铸温度为 730℃ ;铸件规格为 Φ480mm,长度 3500mm

[0026] (5) 热处理 :将铸件在 428℃ 温度范围内进行固溶处理,固溶处理时间为 18 小时,然后进行水淬,将淬火后的铸件放入到 200℃ 的电阻炉中人工时效 40 小时,制得镁合金坯件 ;

[0027] (6) 变形处理 :a. 高温锻造开坯 :加热坯料至温度为 420℃ 保温 1.5h ;进行两向锻造开坯,锻造成厚度为 50mm 的厚板 ;道次压下量为 30%,每 3 道次锻造后退火 1.5h,退火温度为 420℃ ;b. 加热轧辊至温度为 330℃ ;c. 加热厚板至温度为 455℃,保温 25 分钟后,采用多道次小变形量的方法将厚板轧制成 3.5mm 薄板,轧辊速度为 0.6 m/s ;每道次轧制压下量为 15%,每道次轧制后回炉退火,退火温度为 420℃,退火时间为 35min ;

[0028] (7) 轧后热处理 :将轧后的薄板进行时效处理,所述的时效处理工艺为 :时效温度为 240℃,保温时间为 15h ;再在 200℃ 进行第二次时效处理,时效时间为 15h ;最后在 150℃ 进行第三次时效处理,时效时间为 15h。

[0029] 实施例 2:

[0030] 一种双相颗粒混合增强镁合金,按照重量百分比含量含有 :Gd :0.38%, Al :2.89%, Zn :2.13%, Ca :0.92%, Sr :1.09%, Nd :0.45%, Zr :0.47%, Sn :0.88%, Be :0.13%, Mn :1.2%, Sb :0.28%, Cu :0.29%, SiC 纳米颗粒 :4.5%,氮化硼纳米管颗粒 :5.5%,余量为 Mg, SiC 纳米颗粒的直径小于 100nm,氮化硼纳米管颗粒的尺寸为 90 μm ;

[0031] 所述的镁合金的制备方法,包括以下步骤 :

[0032] (1) 原料准备 :按照重量百分比含量进行原料准备,所述原料为纯 Mg 锭、Mg-Gd 中间合金、纯 Al 锭、纯 Zn、Al-Ca 中间合金、Al-Sr 中间合金、Mg-Nd 中间合金、Mg-Zr 中间合金、纯 Sn、Al-Be 中间合金、Al-Mn 中间合金、纯 Sb、Al-Cu 中间合金、氮化硼纳米管颗粒 ;

[0033] 纳米 SiC 颗粒预处理 :a、在容器中倒入适量分析纯乙醇,将一定量的干燥 SiC 纳米

颗粒放入容器中,搅拌,充分润湿, SiC 颗粒与乙醇的比例为 3g :5ml ;b、将占上述混合物体积 1/30 的聚乙烯醇稀溶液加入 SiC 颗粒与乙醇的混合物中,充分搅拌,混合均匀;c、将含有 SiC 纳米颗粒的上述混合物置于烘箱中烘烤,干燥,烘烤温度为 85℃ ;

[0034] (2) 熔炼 :采用气体保护气氛在电阻炉中熔炼合金,熔炼温度为 746℃ ,先在熔炼炉中加入纯 Mg 锭,待纯镁锭完全熔化后,加入 Mg-Gd 中间合金、纯 Al 锭、纯 Zn、Al-Ca 中间合金、Al-Sr 中间合金、Mg-Nd 中间合金、Mg-Zr 中间合金、纯 Sn、Al-Be 中间合金、Al-Mn 中间合金、纯 Sb、Al-Cu 中间合金,待所有原料完全熔化后进行搅拌,使合金成分均匀;然后加入预处理过的纳米 SiC 颗粒,再进行搅拌,使其混合均匀;之后再将预热到 550-650℃ 的氮化硼纳米管颗粒掺杂到熔炼的镁合金熔液中,然后搅拌使其成分均匀,将搅拌掺杂后的镁合金熔液充分静置;

[0035] (3) 精炼 :使熔炼炉升温至 780℃ 对合金进行精炼,边搅拌边加入耐热镁合金精炼剂,精炼时间为 4 分钟,精炼完后在 738℃ 保温静置 6 分钟,所述耐热镁合金精炼剂的组成为 : NaCl :11% ;Na₃AlF₆ :9.5% ;MgCl₂ :38% ;余量为 KCl ;

[0036] (4) 浇铸 :将熔融的镁合金精炼料浇铸到预热温度为 195℃ 的铁模具中,浇铸温度为 730℃ ;铸件规格为 Φ475mm,长度 3200mm

[0037] (5) 热处理 :将铸件在 428℃ 温度范围内进行固溶处理,固溶处理时间为 18 小时,然后进行水淬,将淬火后的铸件放入到 200℃ 的电阻炉中人工时效 40 小时,制得镁合金坯件;

[0038] (6) 变形处理 :a. 高温锻造开坯 :加热坯料至温度为 420℃ 保温 1.5h ;进行双向锻造开坯,锻造成厚度为 45mm 的厚板 ;道次压下量为 25%,每 4 道次锻造后退火 1.5h,退火温度为 420℃ ;b. 加热轧辊至温度为 320℃ ;c. 加热厚板至温度为 455℃,保温 25 分钟后,采用多道次小变形量的方法将厚板轧制成 6mm 薄板,轧辊速度为 0.5 m/s ;每道次轧制压下量为 18%,每道次轧制后回炉退火,退火温度为 420℃,退火时间为 36min ;

[0039] (7) 轧后热处理 :将轧后的薄板进行时效处理,所述的时效处理工艺为 :时效温度为 230℃,保温时间为 18h ;再在 197℃ 进行第二次时效处理,时效时间为 18h ;最后在 145℃ 进行第三次时效处理,时效时间为 18h。

[0040] 实施例 3:

[0041] 一种双相颗粒混合增强镁合金,按照重量百分比含量含有 :Gd :0.38%, Al :2.8%, Zn :2.1%, Ca :0.9%, Sr :1.08%, Nd :0.37%, Zr :0.52%, Sn :0.85%, Be :0.125%, Mn :1.26%, Sb :0.23%, Cu :0.28%, SiC 纳米颗粒 :6.5%,氮化硼纳米管颗粒 :6.5%,余量为 Mg, SiC 纳米颗粒的直径为 60nm,所述氮化硼纳米管颗粒的尺寸为 80 μ m。

[0042] 所述的镁合金的制备方法,包括以下步骤 :

[0043] (1) 原料准备 :按照重量百分比含量进行原料准备,所述原料为纯 Mg 锭、Mg-Gd 中间合金、纯 Al 锭、纯 Zn、Al-Ca 中间合金、Al-Sr 中间合金、Mg-Nd 中间合金、Mg-Zr 中间合金、纯 Sn、Al-Be 中间合金、Al-Mn 中间合金、纯 Sb、Al-Cu 中间合金 ;氮化硼纳米管颗粒 ;

[0044] 纳米 SiC 颗粒预处理 :a、在容器中倒入适量分析纯乙醇,将一定量的干燥 SiC 纳米颗粒放入容器中,搅拌,充分润湿, SiC 颗粒与乙醇的比例为 5g :6ml ;b、将占上述混合物体积 1/20 的聚乙烯醇稀溶液加入 SiC 颗粒与乙醇的混合物中,充分搅拌,混合均匀;c、将含有 SiC 纳米颗粒的上述混合物置于烘箱中烘烤,干燥,烘烤温度为 90℃ ;

[0045] (2) 熔炼:采用气体保护气氛在电阻炉中熔炼合金,熔炼温度为 745℃,先在熔炼炉中加入纯 Mg 锭,待纯镁锭完全熔化后,加入 Mg-Gd 中间合金、纯 Al 锭、纯 Zn、Al-Ca 中间合金、Al-Sr 中间合金、Mg-Nd 中间合金、Mg-Zr 中间合金、纯 Sn、Al-Be 中间合金、Al-Mn 中间合金、纯 Sb、Al-Cu 中间合金,待所有原料完全熔化后进行搅拌,使合金成分均匀;然后加入预处理过的纳米 SiC 颗粒,再进行搅拌,使其混合均匀;之后再将预热到 550-650℃的氮化硼纳米管颗粒掺杂到熔炼的镁合金熔液中,然后搅拌使其成分均匀,将搅拌掺杂后的镁合金熔液充分静置;

[0046] (3) 精炼:使熔炼炉升温至 780℃对合金进行精炼,边搅拌边加入耐热镁合金精炼剂,精炼时间为 3.5 分钟,精炼完后在 735℃保温静置 6 分钟,所述耐热镁合金精炼剂的组成为: NaCl :14.8%;Na₃AlF₆ :8.5%;MgCl₂ :36%;余量为 KCl;

[0047] (4) 浇铸:将熔融的镁合金精炼料浇铸到预热温度为 190℃的铁模具中,浇铸温度为 730℃;铸件规格为 Φ450mm,长度 3000mm

[0048] (5) 热处理:将铸件在 427℃温度范围内进行固溶处理,固溶处理时间为 18 小时,然后进行水淬,将淬火后的铸件放入到 200℃的电阻炉中人工时效 40 小时,制得镁合金坯件;

[0049] (6) 变形处理:a. 高温锻造开坯:加热坯料至温度为 425℃保温 1.5h;进行两向锻造开坯,锻造成厚度为 45mm 的厚板;道次压下量为 30%,每 5 道次锻造后退火 1.5h,退火温度为 420℃;b. 加热轧辊至温度为 320℃;c. 加热厚板至温度为 455℃,保温 25 分钟后,采用多道次小变形量的方法将厚板轧制成 4mm 薄板,轧辊速度为 0.5 m/s;每道次轧制压下量为 15%,每道次轧制后回炉退火,退火温度为 420℃,退火时间为 35min;

[0050] (7) 轧后热处理:将轧后的薄板进行时效处理,所述的时效处理工艺为:时效温度为 230℃,保温时间为 15h;再在 200℃进行第二次时效处理,时效时间为 15h;最后在 165℃进行第三次时效处理,时效时间为 16h。

[0051] 实施例 1-3 得到的合金的性能列于下表

[0052]

实施例	抗拉强度	屈服强度	延伸率
1	445MPa	370MPa	7.35%
2	451MPa	376MPa	8.0%
3	472MPa	398MPa	9.33%