



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114000000 A

(43) 申请公布日 2022. 02. 01

(21) 申请号 202111293978.8

(22) 申请日 2021.11.03

(71) 申请人 西南铝业(集团)有限责任公司

地址 401326 重庆市九龙坡区西彭镇西南
铝业(集团)有限责任公司

(72) 发明人 冯旺 温庆红 黄启波

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 付丽

(51) Int. Cl.

G22C 1/03 (2006.01)

G22C 21/06 (2006.01)

G22C 21/08 (2006.01)

权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种铝镁钪合金的熔铸方法

(57) 摘要

本发明提供了一种铝镁钪合金的熔铸方法,包括:依次进行配料、熔炼、精炼和铸造。本发明通过优化合金元素的加入方式及温度,先后在铝水化平后加入Al-Sc中间合金、Al-Zr中间合金,熔炼温度800℃,后将其它冷料Al-4Ti块、Zn锭、Al-Be中间合金、Al-Cr中间合金、Mg锭加入,使熔炼温度降低并保持在常规熔炼温度750~760℃范围内;在铸造工序,适当提高水流量及铸造速度;本发明提供的方法制备得到的铸锭晶粒组织细小,显微组织中无初生化合物。

1. 一种铝镁钪合金熔铸方法,包括:

依次进行配料、熔炼、精炼和铸造;

所述熔炼过程中先加入Al锭和Al-Mn中间合金进行加热熔化,然后再依次加入Al-Sc中间合金和Al-Zr中间合金;最后加入Al-Ti中间合金、Zn锭、Al-Be中间合金、Al-Cr中间合金和Mg锭。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述配料的成分包括:

Mg:4.0%~5.0wt%,

Mn:0.4%~1.0wt%,

Sc:0.15%~0.25wt%,

Zr:0.05%~0.15wt%,

Cr:0.05%~0.15wt%,

Zn:0.05%~0.15wt%,

Ti:0.05%~0.15wt%,

Be:0.0008~0.0012wt%,

Si:<0.1wt%,

Fe:<0.1wt%,

Cu:<0.1wt%,

余量为Al。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述加热熔化的温度为780~800℃。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述加入Al-Sc中间合金的温度为790~810℃。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述熔炼的温度为750~760℃。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述精炼的温度为740℃~750℃。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述精炼的时间为13~17分钟。

8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,铸造的温度为750~760℃。

9. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述铸造过程中的水流量26~30m³/h。

10. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述铸造的速度90~95mm/min。

一种铝镁钪合金的熔铸方法

技术领域

[0001] 本发明属于合金技术领域,尤其涉及一种铝镁钪合金的熔铸方法。

背景技术

[0002] Al-Mg系合金具有中等强度、良好的耐蚀性和可焊性,但强塑性配合不佳的特点也限制了它的发展,随着航天、航空、舰船技术的发展,对合金强度提出更高要求。近年来的研究表明,Sc是目前为止所发现的对铝合金最为有效的合金化元素,微量Sc加入到铝合金中,可显著提高合金的强度、塑性、焊接性能及耐蚀性能等,而复合添加Sc、Zr、Ti三种微量元素,可减少Sc的加入量,是一条既节约成本,又大幅提高强塑性的有效途径;但随着Sc、Zr、Ti等过渡族元素的加入,在铸锭组织中会形成初生化合物,对合金的性能会产生影响,限制了铝镁钪合金的推广应用。

[0003] Al-Mg系合金具有中等强度、良好的耐蚀性和可焊性,但在低温条件下进行退火就会发生完全再结晶,导致强度急剧下降,复合添加Sc、Zr、Ti到Al-Mg合金中能显著提高合金的强度,合金强度的提高主要来源于3个方面:一是初生的Al(Sc,Zr,Ti)粒子产生的细晶强化;二是均匀化过程中析出次生Al(Sc,Zr,Ti)粒子产生的弥散强化;三是Al(Sc,Zr,Ti)粒子抑制后续加工热处理过程中的再结晶引起的亚结构强化等;复合添加Sc、Zr、Ti三种微量元素,在熔铸过程中会形成初生化合物,进而对合金的性能产生负面影响,限制了铝镁钪合金的推广应用。

[0004] 目前,为了解决Al-Mg系合金中复合添加Sc、Zr、Ti微量元素在熔铸过程中形成初生化合物,主要方法是降低Sc、Zr、Ti三种微量元素的含量。但元素含量的降低会导致铸锭晶粒组织的细化效果减弱,均匀化过程中析出Al(Sc,Zr,Ti)粒子产生的弥散强化及后续加工热处理过程中抑制再结晶的能力减弱,从而导致材料强度偏低,无法满足使用要求。

发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种铝镁钪合金的熔铸方法,本发明提供的方法既能满足材料晶粒细化的要求,又能解决铸锭组织中初生化合物的形成。

[0006] 本发明提供了一种铝镁钪合金熔铸方法,包括:

[0007] 依次进行配料、熔炼、精炼和铸造;

[0008] 所述熔炼过程中先加入Al锭和Al-Mn中间合金进行加热熔化,然后再依次加入Al-Sc中间合金和Al-Zr中间合金;最后加入Al-Ti中间合金、Zn锭、Al-Be中间合金、Al-Cr中间合金和Mg锭。

[0009] 优选的,所述配料的成分包括:

[0010] Mg:4.0%~5.0wt%,

[0011] Mn:0.4%~1.0wt%,

[0012] Sc:0.15%~0.25wt%,

[0013] Zr:0.05%~0.15wt%,

- [0014] Cr:0.05%~0.15wt%,
[0015] Zn:0.05%~0.15wt%,
[0016] Ti:0.05%~0.15wt%,
[0017] Be:0.0008~0.0012wt%,
[0018] Si:<0.1wt%,
[0019] Fe:<0.1wt%,
[0020] Cu:<0.1wt%,
[0021] 余量为Al。
[0022] 优选的,所述加热熔化的温度为780~800℃。
[0023] 优选的,所述加入Al-Sc中间合金的温度为790~810℃。
[0024] 优选的,所述熔炼的温度为750~760℃。
[0025] 优选的,所述精炼的温度为740℃~750℃。
[0026] 优选的,所述精炼的时间为13~17分钟。
[0027] 优选的,铸造的温度为750~760℃。
[0028] 优选的,所述铸造过程中的水流量26~30m³/h。
[0029] 优选的,所述铸造的速度90~95mm/min。
[0030] 现有技术Al-Mg系合金在熔炼过程中,除Mg锭、Al-Be中间合金在铝水化平后加入外,Zn锭、Al-4Ti块、Al-Mn中间合金、Al-Sc中间合金、Al-Zr中间合金、Al-Cr中间合金均随炉加热熔化,熔炼温度低于760℃,各过渡族元素可以在熔炼过程中充分反应。本发明通过优化合金元素的加入方式及温度,先在铝水化平后加入Al-Sc中间合金、Al-Zr中间合金,熔炼温度800℃,后将其它冷料Al-4Ti块、Zn锭、Al-Be中间合金、Al-Cr中间合金、Mg锭加入,使熔炼温度降低并保持在常规熔炼温度750~760℃范围内;在铸造工序,适当提高水流量及铸造速度;本发明提供的方法制备得到的铸锭晶粒组织细小,显微组织中无初生化合物。

附图说明

- [0031] 图1为本发明比较例1制备的合金显微组织图;
[0032] 图2为本发明实施例1制备的合金低倍组织图;
[0033] 图3为本发明实施例1制备的合金显微组织图;
[0034] 图4为本发明实施例1制备的合金显微组织图。

具体实施方式

[0035] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0036] 本发明提供了一种铝镁钪合金熔铸方法,包括:

[0037] 依次进行配料、熔炼、精炼和铸造。

[0038] 在本发明中,所述铝镁钪合金的成分优选包括:

[0039] Mg:4.4%~4.8wt%,

[0040] Mn:0.6%~0.7wt%,

[0041] Sc:0.18%~0.22wt%,

[0042] Zr:0.08%~0.12wt%,

[0043] Cr:0.08%~0.12wt%,

[0044] Zn:0.08%~0.12wt%,

[0045] Ti:0.08%~0.12wt%,

[0046] Be:0.0009~0.0011wt%,

[0047] Si:<0.1wt%,

[0048] Fe:<0.1wt%,

[0049] Cu:<0.1wt%,

[0050] 余量为Al。

[0051] 在本发明中,所述Mg的质量含量优选为4.5~4.7%,更优选为4.6%;所述Mn的质量含量优选为0.63~0.67%,更优选为0.65%;所述Sc的质量含量优选为0.19~0.21%,更优选为0.2%;所述Zr的质量含量优选为0.09~0.11%,更优选为0.1%;所述Cr的质量含量优选为0.09~0.11%,更优选为0.1%;所述Zn的质量含量优选为0.09~0.11%,更优选为0.1%;所述Ti的质量含量优选为0.09~0.11%,更优选为0.1%;所述Be的质量含量优选为0.001%。

[0052] 在本发明中,所述铝镁钪合金中优选单个杂质 $\leq 0.05\text{wt}\%$,合计 $\leq 0.15\text{wt}\%$ 。

[0053] 在本发明中,所述配料的原料优选包括:

[0054] 纯铝锭、Mg锭、Zn锭、Al-Ti中间合金、Al-Mn中间合金、Al-Sc中间合金、Al-Zr中间合金、Al-Cr中间合金、Al-Be中间合金。

[0055] 在本发明中,所述纯铝锭中Al的质量含量优选 $\geq 99.95\%$ 。

[0056] 在本发明中,所述Al-Ti中间合金中Ti的质量含量优选为3~5%,更优选为4%。

[0057] 在本发明中,所述配料的成分优选包括:

[0058] Mg:4.0%~5.0wt%,

[0059] Mn:0.4%~1.0wt%,

[0060] Sc:0.15%~0.25wt%,

[0061] Zr:0.05%~0.15wt%,

[0062] Cr:0.05%~0.15wt%,

[0063] Zn:0.05%~0.15wt%,

[0064] Ti:0.05%~0.15wt%,

[0065] Be:0.0008~0.0012wt%,

[0066] Si:<0.1wt%,

[0067] Fe:<0.1wt%,

[0068] Cu:<0.1wt%,

[0069] 余量为Al。

[0070] 在本发明中,所述Mg的质量含量优选为4.3~4.7%,更优选为4.5%;所述Mn的质量含量优选为0.5~0.9%,更优选为0.6~0.8%,最优选为0.7%;所述Sc的质量含量优选为0.18~0.22%,更优选为0.2%;所述Zr的质量含量优选为0.08~0.12%,更优选为

0.1%；所述Cr的质量含量优选为0.08~0.12%，更优选为0.1%；所述Zn的质量含量优选为0.08~0.12%，更优选为0.1%；所述Ti的质量含量优选为0.08~0.12%，更优选为0.1%；所述Be的质量含量优选为0.001%。

[0071] 在本发明中，所述配料的成分中优选单个杂质 $\leq 0.05\text{wt}\%$ ，合计 $\leq 0.15\text{wt}\%$ 。

[0072] 在本发明中，所述熔炼过程中优选包括：

[0073] 先将纯铝锭和Al-Mn中间合金进行装炉，然后采用熔剂覆盖，进行加热熔化，炉料基本化平后，进行扒渣；然后加入Al-Sc中间合金，搅拌；然后加入Al-Zr中间合金，搅拌；最后加入Al-Ti中间合金、Zn锭、Al-Be中间合金、Al-Cr中间合金和Mg锭，调整熔体温度至熔炼温度，使用熔剂覆盖，彻底熔化后，进行充分扒渣。

[0074] 在本发明中，所述装炉过程中优选将纯铝锭和Al-Mn中间合金均匀装在炉料上层。

[0075] 在本发明中，所述熔剂优选含氯化物。

[0076] 在本发明中，所述加热熔化的温度优选为780~800℃，更优选为785~795℃，最优选为790℃。

[0077] 在本发明中，所述扒渣过程中优选进行充分搅拌。

[0078] 在本发明中，所述Al-Sc中间合金的加入温度优选为790~810℃，更优选为795~805℃，最优选为800℃。

[0079] 在本发明中，加入Al-Sc中间合金后优选进行静置再进行搅拌。

[0080] 在本发明中，所述静置的时间优选为10~20分钟，更优选为13~17分钟，最优选为15分钟；所述搅拌的时间优选为1~3分钟，更优选为1.5~2.5分钟，最优选为2分钟。

[0081] 在本发明中，加入Al-Zr中间合金后优选进行静置再进行搅拌。

[0082] 在本发明中，所述静置的时间优选为10~20分钟，更优选为13~17分钟，最优选为15分钟；所述搅拌的时间优选为1~3分钟，更优选为1.5~2.5分钟，最优选为2分钟。

[0083] 在本发明中，所述加入Mg锭优选为将Mg锭压入或埋入熔体中。

[0084] 在本发明中，所述熔炼的温度优选为750~760℃，更优选为753~757℃，最优选为755℃。

[0085] 在本发明中，所述扒渣的过程中优选进行充分搅拌。

[0086] 在本发明中，所述精炼的温度优选为740~750℃，更优选为743~747℃，最优选为745℃；所述精炼优选在高纯氩气下进行；所述精炼的时间优选为13~17分钟，更优选为14~16分钟，最优选为15分钟。

[0087] 在本发明中，所述精炼完全后优选还包括：

[0088] 将得到的熔体静置后调整到铸造温度。

[0089] 在本发明中，所述静置的时间优选为10~15min，更优选为11~14min，最优选为12~13min。

[0090] 在本发明中，所述铸造的温度优选为750~760℃，更优选为753~757℃，最优选为755℃；所述铸造过程中的水流量优选为26~30m³/h，更优选为27~29m³/h，最优选为28m³/h；所述铸造的速度优选为90~95mm/min，更优选为91~94mm/min，最优选为92~93mm/min。

[0091] 在本发明中，所述铸造过程中优选加入晶粒细化剂；所述晶粒细化剂优选为Al-5Ti-1B；所述晶粒细化剂的加入量优选为1~2Kg/t，更优选为1.3~1.5Kg/t，最优选为1.5Kg/t。

[0092] 在本发明中,所述铸造过程中优选采用在线过滤;所述在线过滤优选采用陶瓷板单级过滤;所述陶瓷板优选为40ppi。

[0093] 在本发明中,所述铸造后得到的铸棒的直径优选为162mm;长度优选为2000mm。

[0094] 现有技术Al-Mg系合金在熔炼过程中,除Mg锭、Al-Be中间合金在铝水化平后加入外,Zn锭、Al-4Ti块、Al-Mn中间合金、Al-Sc中间合金、Al-Zr中间合金、Al-Cr中间合金均随炉加热熔化,熔炼温度低于760℃,各过渡族元素可以在熔炼过程中充分反应。本发明通过优化合金元素的加入方式及温度,先在铝水化平后加入Al-Sc中间合金、Al-Zr中间合金,熔炼温度800℃,后将其它冷料Al-4Ti块、Zn锭、Al-Be中间合金、Al-Cr中间合金、Mg锭加入,使熔炼温度降低并保持在常规熔炼温度750~760℃范围内;在铸造工序,适当提高水流量及铸造速度;本发明提供的方法制备得到的铸锭晶粒组织细小,显微组织中无初生化合物。

[0095] 比较例1

[0096] 按照下述工艺路线进行铸造:

[0097] 配料→熔炼→静置→精炼→铸造

[0098] 配料:Mg:4.6wt%,Mn:0.65wt%,Sc:0.2wt%,Zr:0.1wt%,Cr:0.1wt%,Zn:0.1wt%,Ti:0.1wt%,Be:0.001wt%,Si:<0.1wt%,Fe:<0.1wt%,Cu:<0.1wt%,余量为Al。

[0099] 按照合金成分目标值要求称取Al99.95wt%纯铝锭、Mg锭、Zn锭、Al-4wt%Ti块、铝基Mn剂(Al-Mn中间合金)、Al-Sc中间合金、Al-Zr中间合金、Al-Cr中间合金、Al-Be中间合金。

[0100] 熔炼:将铝锭、Al-Zr中间合金、Al-4wt%Ti块、Al-Cr中间合金、Al-Sc中间合金、Zn锭、铝基Mn剂装炉,加热熔化,熔炼温度760℃;Mg锭、Al-Be中间合金不随炉料装入;炉料化平后,进行搅拌、扒渣;将熔体温度控制在760℃进行转炉,在转流槽均匀加入Mg锭、Al-Be中间合金。

[0101] 精炼:将熔体温度调整至740℃时采用高纯氩气进行精炼,精炼时间10分钟,熔体静置10~15min分钟,将熔体温度调整到铸造温度,准备铸造。

[0102] 铸造:在熔体温度为740℃,水流量30m³/h,铸造速度90mm/min条件下进行铸造;在铸造过程中,按1.5Kg/t在线加入Al-5Ti-1B丝晶粒细化剂,熔体在线过滤采用40ppi陶瓷板单级过滤,最后得到Φ162mm×2000mm的圆铸锭。

[0103] 按照GB/T7999《铝及铝合金光电直读发射光谱分析方法》,对本发明比较例1制备的铸锭进行成分检测,检测结果为:Mg:4.52wt%,Mn:0.67wt%,Sc:0.21wt%,Zr:0.1wt%,Cr:0.1wt%,Zn:0.1wt%,Ti:0.1wt%,Be:0.001wt%,Si:0.02wt%,Fe:0.05wt%,Cu:0.03wt%,余量为Al。

[0104] 本发明比较例1制备的铸锭的显微组织如图1所示,铸锭组织中存在较多的球状初生化合物。

[0105] 实施例1

[0106] 按照下述工艺路线进行铸造:

[0107] 配料→熔炼→静置→精炼→铸造

[0108] 配料:Mg:4.6wt%,Mn:0.65wt%,Sc:0.2wt%,Zr:0.1wt%,Cr:0.1wt%,Zn:0.1wt%,Ti:0.1wt%,Be:0.001wt%,Si:<0.1wt%,Fe:<0.1wt%,Cu:<0.1wt%,余量为

Al。

[0109] 按照合金成分目标值要求称取Al99.95纯铝锭、Mg锭、Zn锭、Al-4Ti块、Al-Mn中间合金、Al-Sc中间合金、Al-Zr中间合金、Al-Cr中间合金、Al-Be中间合金。

[0110] 熔炼:将Al99.95、Al-Mn中间合金装炉,撒熔剂粉覆盖,加热熔化,熔炼温度800℃,炉料基本化平后,进行充分搅拌、扒渣;当溶体温度达到800℃时加入Al-Sc中间合金,加入Al-Sc中间合金后过15分钟充分搅拌2分钟,搅拌后加入Al-Zr中间合金,15分钟后再充分搅拌2分钟;均匀加入其它冷料Al-4Ti块、Zn锭、Al-Be中间合金、Al-Cr中间合金、Mg锭,Mg锭加入熔炼炉时应压入或埋入熔体,将熔体温度调整至760℃,撒熔剂粉覆盖,彻底熔化后,进行充分搅拌、扒渣。

[0111] 精炼:将熔体温度调整至750℃时采用高纯氩气进行精炼,精炼时间10分钟,熔体静置10~15分钟,将熔体温度调整到铸造温度,准备铸造。

[0112] 铸造:在熔体温度为750℃,水流量30m³/h,铸造速度90mm/min条件下进行铸造;在铸造过程中,按1.5Kg/t在线加入Al-5Ti-1B丝晶粒细化剂,熔体在线过滤采用40ppi陶瓷板单级过滤,最后得到Φ162mm×2000mm的铸棒。

[0113] 按照比较例1的方法,对实施例1制备的铸锭进行成分检测,检测结果为:Mg:4.63wt%,Mn:0.657wt%,Sc:0.21wt%,Zr:0.09wt%,Cr:0.1wt%,Zn:0.11wt%,Ti:0.1wt%,Be:0.001wt%,Si:0.03wt%,Fe:0.06wt%,Cu:0.03wt%,余量为Al。

[0114] 对实施例1制备的合金进行低倍组织及显微组织检测,如图2~图4所示,实施例1制备的铝镁钪合金圆铸锭,复合添加了Sc、Zr、Ti三种微量元素,优化了熔铸工艺,铸锭低倍晶粒组织均匀细小,表层缺陷深度仅为2mm;显微组织如图3和图4所示,显微组织中未见初生化合物,均为细小等轴状,平均晶粒尺寸小于60微米,达到了细化晶粒的目的。

[0115] 比较例1是传统铸锭工艺(原材料均随炉加,熔炼温度750~760℃),组织中会形成初生化合物;实施例1较传统工艺优化了原材料的加入方式,提高了Al-Zr、Al-Sc的加入温度至800℃,而后加入了其它冷料将熔炼温度调整至常规铸造温度750~760℃,使Al-Zr、Al-Sc充分熔化并较少了Al-Zr、Al-Sc在炉内的停留时间,解决了铸锭组织中的初生化合物问题。

[0116] 由以上实施例可知,现有技术制备Al-Mg系合金在熔炼过程中,除Mg锭、Al-Be中间合金在铝水化平后加入外,Zn锭、Al-4Ti块、Al-Mn中间合金、Al-Sc中间合金、Al-Zr中间合金、Al-Cr中间合金均随炉加热熔化,熔炼温度低于760℃,各过渡族元素可以在熔炼过程中充分反应。本发明通过优化合金元素的加入方式及温度,先在铝水化平后加入Al-Sc中间合金、Al-Zr中间合金,熔炼温度800℃,后将其它冷料Al-4Ti块、Zn锭、Al-Be中间合金、Al-Cr中间合金、Mg锭加入,使熔炼温度降低并保持在常规熔炼温度750~760℃范围内;在铸造工序,适当提高水流量及铸造速度;本发明提供的方法制备得到的铸锭晶粒组织细小,显微组织中无初生化合物。

[0117] 虽然已参考本发明的特定实施例描述并说明本发明,但是这些描述和说明并不限制本发明。所属领域的技术人员可清晰地理解,在不脱离如由所附权利要求书定义的本发明的真实精神和范围的情况下,可进行各种改变,以使特定情形、材料、物质组成、物质、方法或过程适宜于本申请的目标、精神和范围。所有此类修改都意图在此所附权利要求书的范围内。虽然已参考按特定次序执行的特定操作描述本文中所公开的方法,但应理解,可在

不脱离本发明的教示的情况下组合、细分或重新排序这些操作以形成等效方法。因此,除非本文中特别指示,否则操作的次序和分组并非本申请的限制。

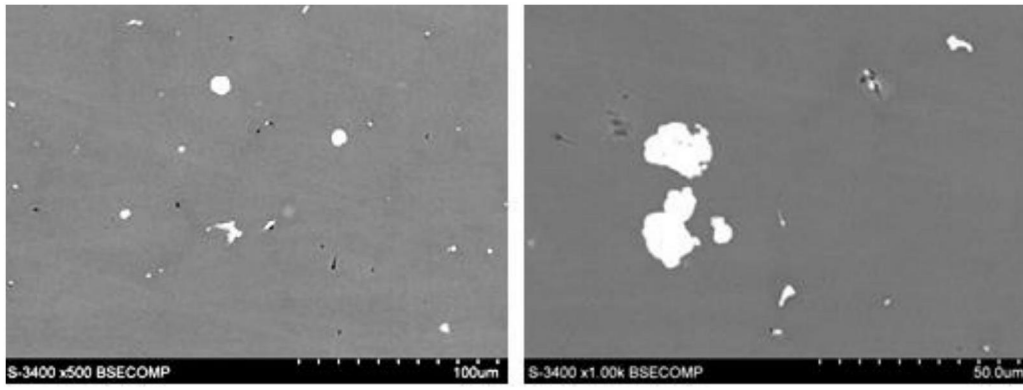


图1

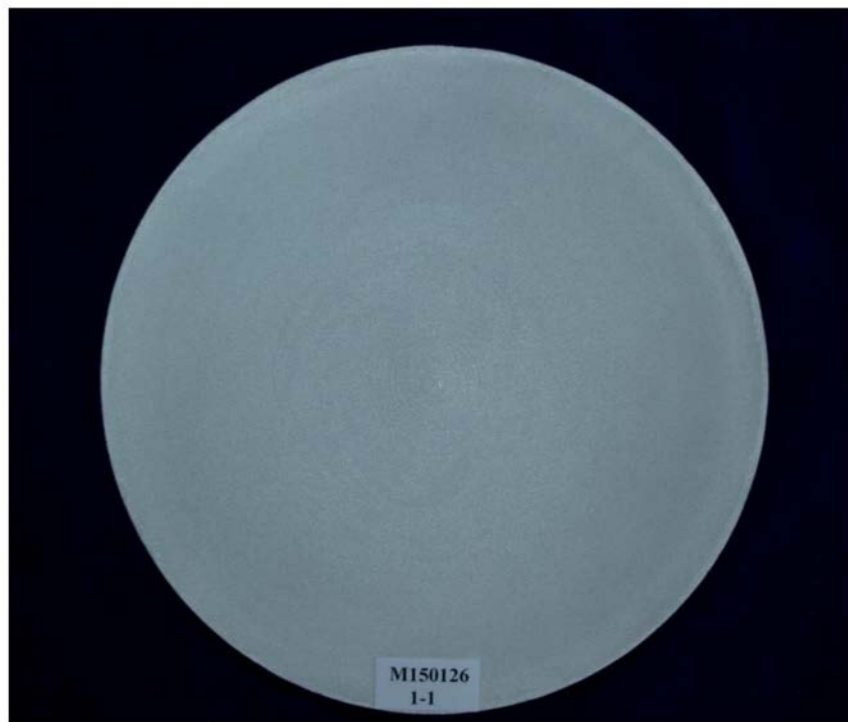


图2

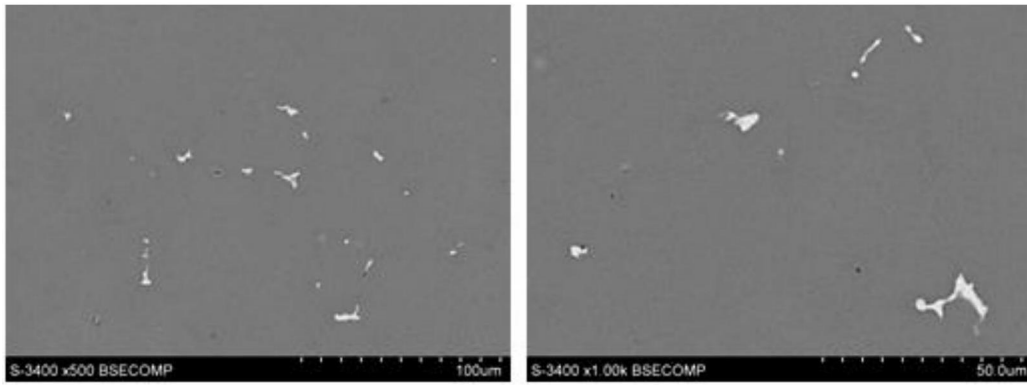


图3

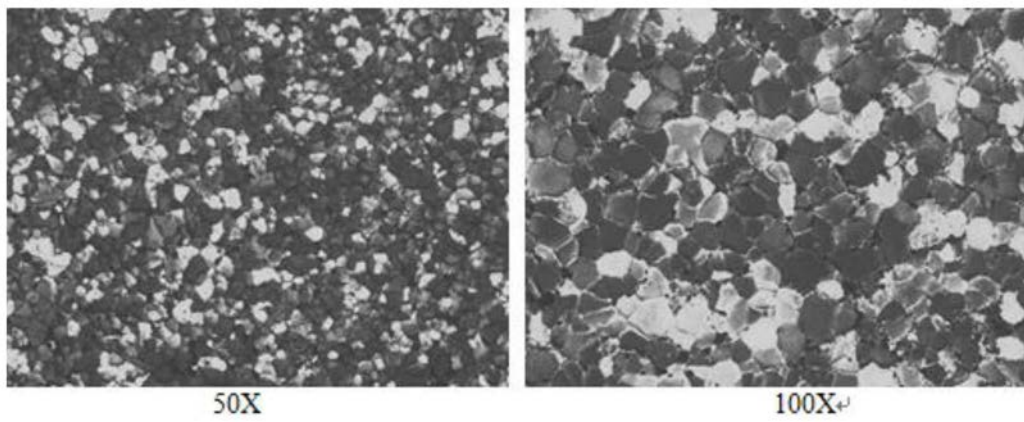


图4