



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111254323 A

(43)申请公布日 2020.06.09

(21)申请号 202010237814.2

(22)申请日 2020.03.30

(71)申请人 苏州天峰动立合金科技有限公司
地址 215011 江苏省苏州市高新区金山路
10号

(72)发明人 韩坤 解国良 孙中刚 董亮

(74)专利代理机构 北京嘉途睿知识产权代理事
务所(普通合伙) 11793

代理人 李鹏

(51) Int. Cl.

C22C 21/00(2006.01)

C22C 1/02(2006.01)

C22C 1/03(2006.01)

C22F 1/04(2006.01)

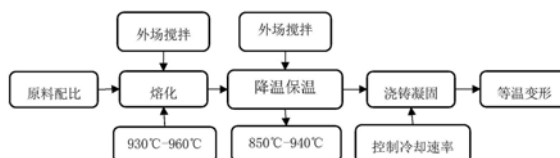
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种Al-Cr-Sc耐热合金及其制备方法

(57)摘要

本发明涉及一种Al-Cr-Sc合金及其制备方法,Al-Cr-Sc合金按重量百分比,其中Cr含量为0.5wt%-15wt%,Sc含量为0.5wt%-2wt%,其余为Al;制备方法的具体步骤为:1.采用外加磁场搅拌和控制凝固对合金进行熔铸;2.采用等温热变形工艺对合金铸锭进行热处理。本发明的Al-Cr-Sc合金包括耐腐蚀、耐磨、耐高温性能更好的Al-Cr-Sc合金相,具有比Al-Cr合金更优异的综合性能;Al-Cr-Sc合金制备方法可以制备出无成分偏析、组织细小均匀、致密度极高的Al-Cr-Sc合金制件。



1. 一种Al-Cr-Sc合金,按重量百分比,其中Cr含量为0.5wt%-15wt%,Sc含量为0.5wt%-2wt%,其余为Al。

2. 根据权利要求1所述的一种Al-Cr-Sc合金,其中Cr含量为5-12wt%。

3. 根据权利要求1所述的一种Al-Cr-Sc合金,其中Sc的含量为0.5-1.0wt%。

4. 根据权利要求1所述的一种Al-Cr-Sc合金,其中Sc的含量为0.5wt%。

5. 一种Al-Cr-Sc合金的制备方法,具体步骤为:

步骤1. 采用外加磁场搅拌和控制凝固对合金进行熔铸;

步骤2. 采用等温热变形工艺对合金铸锭进行热处理。

6. 根据权利要求2所述的一种Al-Cr-Sc合金的制备方法,所述的外场搅拌和控制凝固的熔铸工艺,其具体步骤为:

步骤1.1: 原料配比及熔炼,按照成分配比准备合金原材料,在氩气气氛或真空度为1Pa-1KPa的真空气氛下加热至930℃-960℃,保温10-30min,使原材料完全熔化成液态。

步骤1.2: 熔化保温,将熔化的液态合金降温至850-940℃,保温2-10min,同时采用外加电磁场搅拌。

步骤1.3: 浇铸凝固,将液态合金注入模具中,控制模具中的液态合金以5℃/s-50℃/s的冷却速度冷却至室温获得合金铸锭。

7. 根据权利要求2所述的一种Al-Cr-Sc合金的制备方法,所述的等温热变形工艺,其步骤包括:

步骤2.1: 切除合金铸锭的冒口,打磨合金表面至光滑平整。

步骤2.2: 将铸锭以0.13℃/s-0.4℃/s的加热速率加热至450℃-550℃,保温20min-120min,在450℃-550℃之间进行等温锻造或者轧制变形。

8. 根据权利要求6所述的一种Al-Cr-Sc合金的制备方法,步骤1.1中合金原材料为纯Al、纯Cr、纯Sc。

9. 根据权利要求6所述的一种Al-Cr-Sc合金的制备方法,步骤1.1中合金原材料为Al-Cr、Al-Sc的中间合金。

10. 根据权利要求5所述的一种Al-Cr-Sc合金的制备方法,步骤2.2中等温热变形时的温度变化为±10℃。

一种Al-Cr-Sc耐热合金及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种新型铝-铬-钪耐热合金及其制备方法,属于金属材料领域。

背景技术

[0002] Al-Cr合金是一种优质的耐磨耐蚀耐高温的铝合金,广泛应用于表面涂层、铆接零件等重要领域。Al-Cr之间形成复杂单斜结构的Al₇Cr相,这种合金相具有硬度高、耐磨、耐腐蚀、耐高温性能优异的特点,是合金中的主要强化相和改善性能的析出相。但是,由于这种合金相的晶体学对称性很低,塑性很差,严重影响这种合金的热变形能力和加工性能。而且,由于Al-Cr合金中两种元素的熔点差别很大,在凝固过程中容易发生偏析,还会析出富Cr的其它合金相,例如Al₄Cr、Al₁₁Cr₄等。这些合金相很难通过固溶处理回溶到基体中,而且其塑性都比较差,会进一步恶化合金的加工性能。

[0003] 目前见诸于报道的Al-Cr合金制备方法主要包括以下几种:(1)结合了半固态和喷射沉积技术的固液混合铸造法,将润湿性好的异种合金粉末添加到过热的合金熔体,经过强烈机械搅拌均匀后,用来铸造成形的工艺。这种方法制备的Al-Cr合金组织细小均匀,但需要使用气体或离心雾化制备中间合金粉末,工艺复杂要求高。同时,粉末活化差,润湿性不好,不可避免会带入杂质和气体,对组织性能造成严重的影响。(2)快速凝固法,将合金熔体分散成细小的液滴,提高熔体凝固时的传热速率,使液滴在10³-10⁵K/S的速率下凝固,并且沉积成铸件,抑制晶粒长大和消除成分偏析。按照制备液滴的方式,还可以细分成等离子熔铸、甩带法、气相沉积、物理沉积等多种方法。这种方法制备的Al-Cr合金成分均匀,组织细小,具有良好的力学性能,但是只能制备薄膜、带材或者体积较小的产品,而且制备效率较低。(3)原位反应法,采用固-液型工艺的粉末强制添加方式制备不同Cr含量的Al-Cr合金,组织细小,与基体结合好,增强相与基体无明显的扩散现象,界面清洁,均匀分布在基体中。这种方法对于粉末的活化,粉末颗粒与基体的润湿要求极高。(4)电解法,将目标元素溶质溶解在溶剂中组成电解质,虽然能制备出难熔的铝铬合金,但该法能耗较大,耐高温的电解槽也不易制备;电解过程中,在电极上容易吸附较多的杂质颗粒,影响合金的性能;渣金很难分离,且产物不易收集。(5)铝热反应法,能够制备出Al-Cr合金并且控制铬的含量,但是反应非常难控制,置换出的金属铬在熔融铝液中的分布问题是难以调整,同时容易产生杂质成分。

[0004] 目前Al-Cr合金及其制备技术仍然存在很多技术难题,例如合金的成分偏析、夹杂物控制、无法进行热加工变形等。现有的制备技术普遍工艺难度较大,所需的冷却速度高,制备效率不足。

发明内容

[0005] 为了解决上述技术难题,本发明公布了一种Al-Cr-Sc合金及其制备方法,通过极少量Sc的添加调节合金析出相的析出温度进而从本质上大大改善合金凝固时的成分偏析,同时采用外场搅拌和控制凝固的熔铸工艺和等温热变形工艺,获得组织细小均匀、致密度

更高的合金制件。

[0006] 本发明提出一种Al-Cr-Sc合金,按重量百分比,其中Cr含量为0.5wt%-15wt%,Sc含量为0.5wt%-2wt%,其余为Al。

[0007] 优选的,Cr的含量为5-12wt%;

[0008] 优选的,Sc的含量为0.5-1.0wt%;

[0009] 更优选的,Sc的含量为0.5wt%。

[0010] 本发明还提出一种Al-Cr-Sc合金的制备方法,具体步骤为:

[0011] 1.采用外加磁场搅拌和控制凝固对合金进行熔铸;

[0012] 2.采用等温热变形工艺对合金铸锭进行热处理。

[0013] 其中,所述的外场搅拌和控制凝固的熔铸工艺,其具体步骤为:

[0014] 步骤1.1:原料配比及熔炼,按照成分配比准备合金原材料,在氩气气氛或真空度为1Pa-1KPa的真空气氛下加热至930℃-960℃,保温10-30min,使原材料完全熔化成液态。

[0015] 步骤1.2:熔化保温,将熔化的液态合金降温至850-940℃,保温2-10min,同时采用外加电磁场搅拌。

[0016] 步骤1.3:浇铸凝固,将液态合金注入模具中,控制模具中的液态合金以5℃/s-50℃/s的冷却速度冷却至室温获得合金铸锭。

[0017] 所述的等温热变形工艺,其步骤包括:

[0018] 步骤2.1:切除合金铸锭的冒口,打磨合金表面至光滑平整。

[0019] 步骤2.2:将铸锭以0.13℃/s-0.4℃/s的加热速率加热至450℃-550℃,保温20min-120min,在450℃-550℃之间进行等温锻造或者轧制变形。

[0020] 优选的,步骤1.1中合金原材料为纯Al、纯Cr、纯Sc。

[0021] 优选的,步骤1.1中合金原材料为Al-Cr、Al-Sc的中间合金。

[0022] 优选的,步骤2.2中等温热变形时的温度变化为±10℃。

[0023] 本发明的Al-Cr-Sc合金,其中包括耐腐蚀、耐磨、耐高温性能更好的Al-Cr-Sc合金相,具有比Al-Cr合金更优异的综合性能。本发明的Al-Cr-Sc合金制备方法,可以制备出无成分偏析、组织细小均匀、致密度极高的Al-Cr-Sc合金制件,对于熔炼过程和冷却速度的要求比快速凝固、固液混合浇铸等方法更低,更加容易实现,并通过等温热变形进一步细化合金的显微组织,提高致密度,进而提高合金的性能。同时,本发明提出采用温度变化为±10℃的等温热变形,以避免该合金在塑性变形过程中由于金属间化合物相和基体热塑性温度敏感性不同而导致材料开裂,进而显著提高成材率。

附图说明

[0024] 通过阅读下文优选实施方式的详细描述,各种其他的优点和益处对于本领域普通技术人员将变得清楚明了。附图仅用于示出优选实施方式的目的,而并不认为是对本发明的限制。

[0025] 图1示出了本发明Al-Cr-Sc合金的制备方法的流程图。

具体实施方式

[0026] 下面将参照附图更详细地描述本公开的示例性实施方式。虽然附图中显示了本公

开的示例性实施方式,然而应当理解,可以以各种形式实现本公开而不应被这里阐述的实施方式所限制。相反,提供这些实施方式是为了能够更透彻地理解本公开,并且能够将本公开的范围完整的传达给本领域的技术人员。

[0027] 实施例一

[0028] 一种Al-Cr-Sc合金,按照重量百分比,其中Cr含量为6wt%,Sc含量为0.5wt%,其余为Al。

[0029] 该Al-Cr-Sc合金制备方法如下:

[0030] 步骤(1):原料配比及熔炼,按照上述成分配比纯Al、纯Cr和纯Sc,在氩气保护下加热至930℃,保温10min,使原材料完全熔化成液态。

[0031] 步骤(2):熔化保温,将液态合金降温至850℃,保温5min,同时采用外加电磁场搅拌。

[0032] 步骤(3):浇铸凝固,将液态合金注入模具中,控制模具中的液态合金以20℃/s的冷却速度冷却至室温获得合金铸锭。

[0033] 步骤(4):切除合金铸锭的冒口,打磨合金表面至光滑平整。

[0034] 步骤(5):将铸锭以0.4℃/s的加热速率加热至450℃,保温20min,在450℃进行等温锻造或者轧制变形,等温热变形时的温度变化为±10℃。

[0035] 实施例二

[0036] 一种Al-Cr-Sc合金,按照重量百分比,其中Cr含量为5wt%,Sc含量为1wt%,其余为Al。

[0037] 该Al-Cr-Sc合金制备方法如下:

[0038] 步骤(1):原料配比及熔炼,按照上述成分配比纯Al、纯Cr和纯Sc,在真空度1Pa下加热至930℃,保温20min,使原材料完全熔化成液态。

[0039] 步骤(2):熔化保温,将液态合金降温至880℃,保温5min,同时采用外加电磁场搅拌。

[0040] 步骤(3):浇铸凝固,将液态合金注入模具中,控制模具中的液态合金以30℃/s的冷却速度冷却至室温获得合金铸锭。

[0041] 步骤(4):切除合金铸锭的冒口,打磨合金表面至光滑平整。

[0042] 步骤(5):将铸锭以0.2℃/s的加热速率加热至480℃,保温120min,在480℃进行等温锻造或者轧制变形,等温热变形时的温度变化为±10℃。

[0043] 实施例三

[0044] 一种Al-Cr-Sc合金,按照重量百分比,其中Cr含量为6wt%,Sc含量为1wt%,其余为Al。

[0045] 该Al-Cr-Sc合金制备方法如下:

[0046] 步骤(1):原料配比及熔炼,按照上述成分配比纯Al、纯Cr和纯Sc,在真空度为1000Pa下加热至950℃,保温30min,使原材料完全熔化成液态。

[0047] 步骤(2):熔化保温,将液态合金降温至930℃,保温10min,同时采用外加电磁场搅拌。

[0048] 步骤(3):浇铸凝固,将液态合金注入模具中,控制模具中的液态合金以50℃/s的冷却速度冷却至室温获得合金铸锭。

[0049] 步骤(4):切除合金铸锭的冒口,打磨合金表面至光滑平整。

[0050] 步骤(5):将铸锭以 $0.4^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的加热速率加热至 500°C ,保温 30min ,在 500°C 进行等温锻造或者轧制变形,等温热变形时的温度变化为 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 。

[0051] 实施例四

[0052] 一种Al-Cr-Sc合金,按照重量百分比,其中Cr含量为 $8\text{wt}\%$,Sc含量为 $2\text{wt}\%$,其余为Al。

[0053] 该Al-Cr-Sc合金制备方法如下:

[0054] 步骤(1):原料配比及熔炼,按照上述成分配比纯Al、纯Cr和纯Sc,在真空度为 100Pa 下加热至 955°C ,保温 20min ,使原材料完全熔化成液态。

[0055] 步骤(2):熔化保温,将液态合金降温至 940°C ,保温 10min ,同时采用外加电磁场搅拌。

[0056] 步骤(3):浇铸凝固,将液态合金注入模具中,控制模具中的液态合金以 $40^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的冷却速度冷却至室温获得合金铸锭。

[0057] 步骤(4):切除合金铸锭的冒口,打磨合金表面至光滑平整。

[0058] 步骤(5):将铸锭以 $0.3^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的加热速率加热至 520°C ,保温 40min ,在 520°C 进行等温锻造或者轧制变形,等温热变形时的温度变化为 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 。

[0059] 实施例五

[0060] 一种Al-Cr-Sc合金,按照重量百分比,其中Cr含量为 $10\text{wt}\%$,Sc含量为 $1.5\text{wt}\%$,其余为Al。

[0061] 该Al-Cr-Sc合金制备方法如下:

[0062] 步骤(1):原料配比及熔炼,按照上述成分配比Al-Cr、Al-Sc的中间合金,在真空度为 200Pa 下加热至 960°C ,保温 30min ,使原材料完全熔化成液态。

[0063] 步骤(2):熔化保温,将液态合金降温至 940°C ,保温 8min ,同时采用外加电磁场搅拌。

[0064] 步骤(3):浇铸凝固,将液态合金注入模具中,控制模具中的液态合金以 $45^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的冷却速度冷却至室温获得合金铸锭。

[0065] 步骤(4):切除合金铸锭的冒口,打磨合金表面至光滑平整。

[0066] 步骤(5):将铸锭以 $0.2^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的加热速率加热至 550°C ,保温 30min ,在 550°C 等温锻造或者轧制变形,等温热变形时的温度变化为 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 。

[0067] 实施例六

[0068] 一种Al-Cr-Sc合金,按照重量百分比,其中Cr含量为 $12\text{wt}\%$,Sc含量为 $2\text{wt}\%$,其余为Al。

[0069] 该Al-Cr-Sc合金制备方法如下:

[0070] 步骤(1):原料配比及熔炼,按照上述成分配比Al-Cr、Al-Sc的中间合金,在真空度为 100Pa 下加热至 960°C ,保温 30min ,使原材料完全熔化成液态。

[0071] 步骤(2):熔化保温,将液态合金降温至 940°C ,保温 8min ,同时采用外加电磁场搅拌。

[0072] 步骤(3):浇铸凝固,将液态合金注入模具中,控制模具中的液态合金以 $40^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的冷却速度冷却至室温获得合金铸锭。

[0073] 步骤(4):切除合金铸锭的冒口,打磨合金表面至光滑平整。

[0074] 步骤(5):将铸锭以0.3℃/s的加热速率加热至550℃,保温40min,在550℃进行等温锻造或者轧制变形,等温热变形时的温度变化为±10℃。

[0075] 实施例七

[0076] 一种Al-Cr-Sc合金,按照重量百分比,其中Cr含量为11wt%,Sc含量为1.2wt%,其余为Al。

[0077] 该Al-Cr-Sc合金制备方法如下:

[0078] 步骤(1):原料配比及熔炼,按照上述成分配比Al-Cr、Al-Sc的中间合金,在氩气保护下加热至950℃,保温15min,使原材料完全熔化成液态。

[0079] 步骤(2):熔化保温,将液态合金降温至940℃,保温5min,同时采用外加电磁场搅拌。

[0080] 步骤(3):浇铸凝固,将液态合金注入模具中,控制模具中的液态合金以50℃/s的冷却速度冷却至室温获得合金铸锭。

[0081] 本发明所述的等温热变形工艺,其步骤包括:

[0082] 步骤(1):切除合金铸锭的冒口,打磨合金表面至光滑平整。

[0083] 步骤(2):将铸锭以0.2℃/s的加热速率加热至530℃,保温30min,在530℃进行等温锻造或者轧制变形,等温热变形时的温度变化为±10℃。

[0084] 对比例一

[0085] 一种Al-Cr合金,按照重量百分比,其中Cr含量为6%,其余为Al。

[0086] 该Al-Cr合金制备方法如下:

[0087] 步骤(1):原料配比及熔炼,按照上述成分配比纯Al、纯Cr,在氩气保护下加热至930℃,保温10min,使原材料完全熔化成液态。

[0088] 步骤(2):熔化保温,将液态合金降温至850℃,保温5min。

[0089] 步骤(3):浇铸凝固,将液态合金注入模具中,控制模具中的液态合金以20℃/s的冷却速度冷却至室温获得合金铸锭。

[0090] 步骤(4):切除合金铸锭的冒口,打磨合金表面至光滑平整。

[0091] 步骤(5):将铸锭以0.4℃/s的加热速率加热至450℃,保温20min,在450℃-550℃之间进行锻造或者轧制变形。

[0092] 对比例二

[0093] 一种Al-Cr合金,按照重量百分比,其中Cr含量为6%,其余为Al。

[0094] 该Al-Cr合金制备方法如下:

[0095] 步骤(1):原料配比及熔炼,按照上述成分配比纯Al、纯Cr,在氩气保护下加热至930℃,保温10min,使原材料完全熔化成液态。

[0096] 步骤(2):熔化保温,将液态合金降温至850℃,保温5min,同时采用外加电磁场搅拌。

[0097] 步骤(3):浇铸凝固,将液态合金注入模具中,控制模具中的液态合金以20℃/s的冷却速度冷却至室温获得合金铸锭。

[0098] 步骤(4):切除合金铸锭的冒口,打磨合金表面至光滑平整。

[0099] 步骤(5):将铸锭以0.4℃/s的加热速率加热至450℃,保温20min,在450℃进行等

温锻造或者轧制变形,等温热变形时的温度变化为 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 。

[0100] 对比例三

[0101] 一种Al-Cr-Sc合金,按照重量百分比,其中Cr含量为6wt%,Sc含量为0.5wt%,其余为Al。

[0102] 该Al-Cr-Sc合金制备方法如下:

[0103] 步骤(1):原料配比及熔炼,按照上述成分配比纯Al、纯Cr和纯Sc,在氩气保护下加热至 930°C ,保温10min,使原材料完全熔化成液态。

[0104] 步骤(2):熔化保温,将液态合金降温至 850°C ,保温5min。

[0105] 步骤(3):浇铸凝固,将液态合金注入模具中,控制模具中的液态合金以 $20^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的冷却速度冷却至室温获得合金铸锭。

[0106] 步骤(4):切除合金铸锭的冒口,打磨合金表面至光滑平整。

[0107] 步骤(5):将铸锭以 $0.4^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的加热速率加热至 450°C ,保温20min,在 450°C - 550°C 之间进行锻造或者轧制变形。

[0108] 表1 实施例1-7中对应的铸锭平均晶粒尺寸和轧制后坯料的平均晶粒尺寸

实施例 状态	实施 例 1	实施 例 2	实施 例 3	实施 例 4	实施 例 5	实施 例 6	实施 例 7
铸态晶粒尺寸(μm)	80	90	80	90	80	80	110
轧制板坯晶粒尺寸 (μm)	40	40	30	30	30	35	30
金属间相平均尺寸 (μm)	≤ 5	≤ 8	≤ 5	≤ 8	≤ 5	≤ 5	≤ 10
硬度(HV)	168	205	182	195	201	215	218

[0110] 表2 对比例1-3中对应的铸锭平均晶粒尺寸和轧制后坯料的平均晶粒尺寸

对比例 状态	对比例 1	对比例 2	对比例 3
铸态晶粒尺寸(μm)	240	300	300
轧制板坯晶粒尺寸(μm)	120	130	150
金属间相平均尺寸(μm)	118	115	120
硬度	160	154	168

[0112] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

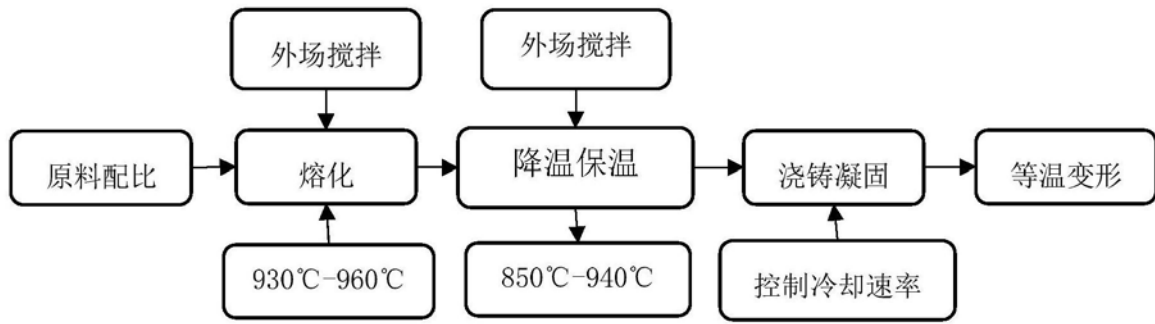


图1