



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104313525 A

(43) 申请公布日 2015. 01. 28

(21) 申请号 201410608333. 2

(22) 申请日 2014. 10. 31

(71) 申请人 西安瑞福莱钨钼有限公司

地址 710201 陕西省西安市经济技术开发区
泾渭工业园西金路西段 15 号

(72) 发明人 侯军涛 淡新国 郭磊 温雅辉
鲁毅 赵娟

(74) 专利代理机构 西安创知专利事务所 61213
代理人 谭文琰

(51) Int. Cl.

C22F 1/18 (2006. 01)

B21C 37/02 (2006. 01)

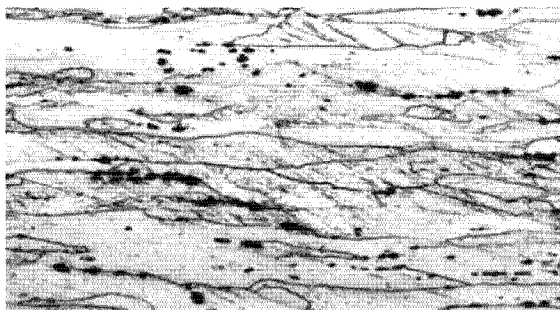
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种钨合金板材的轧制加工方法

(57) 摘要

本发明公开了一种钨合金板材的轧制加工方法,该方法为:一、将钨合金板坯加热保温后进行三道次轧制;二、对经三道次轧制后的钨合金板坯进行退火处理;三、将经退火处理后的钨合金板坯加热保温后进行四道次轧制;四、对经四道次轧制后的钨合金板坯进行退火处理;五、将经退火处理后的钨合金板坯加热保温后进行多道次轧制;六、对经多道次轧制后的钨合金板坯进行高温再结晶热处理,得到钨合金板材。本发明的方法简单,设备来源广泛,对环境无污染,性能可靠,可批量化生产,通过控制轧制温度、道次变形量和退火温度等参数,得到了均匀的大晶粒组织,生产的钨合金板材晶粒组织均匀,晶粒的长径比不小于 10。



1. 一种钨合金板材的轧制加工方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

步骤一、在氢气或惰性气体保护下,将厚度为 30mm ~ 40mm 的钨合金板坯加热至 1500℃ ~ 1600℃ 并保温 20min ~ 60min,然后对保温后的钨合金板坯进行三道次轧制,第一道次轧制的加工率为 15% ~ 20%,第二道次和第三道次轧制的加工率均为 20% ~ 30%,轧制过程中相邻两道次之间对轧制后的钨合金板坯进行回炉加热;

步骤二、在氢气或惰性气体保护下,对步骤一中经三道次轧制后的钨合金板坯进行退火处理;

步骤三、在氢气或惰性气体保护下,将步骤二中经退火处理后的钨合金板坯加热至 1300℃ ~ 1400℃ 并保温 15min ~ 30min,然后对保温后的钨合金板坯进行四道次轧制,轧制的道次加工率为 15% ~ 20%,轧制过程中相邻两道次之间对轧制后的钨合金板坯进行回炉加热;

步骤四、在氢气或惰性气体保护下,对步骤三中经四道次轧制后的钨合金板坯进行退火处理;

步骤五、在氢气或惰性气体保护下,将步骤四中经退火处理后的钨合金板坯加热至 1200℃ ~ 1300℃ 并保温 15min ~ 30min,然后对保温后的钨合金板坯进行多道次轧制,轧制的道次加工率为 15% ~ 20%,得到厚度为 2.5mm ~ 3.5mm 的板材,轧制过程中相邻两道次之间对轧制后的钨合金板坯进行回炉加热;

步骤六、在氢气或惰性气体保护下,对步骤五中经多道次轧制后的钨合金板坯进行高温再结晶热处理,得到钨合金板材。

2. 根据权利要求 1 所述的一种钨合金板材的轧制加工方法,其特征在于,步骤一中所述钨合金板坯是以掺杂钨粉为原料,采用粉末冶金烧结制备的钨合金板坯。

3. 根据权利要求 2 所述的一种钨合金板材的轧制加工方法,其特征在于,按质量百分比计,所述掺杂钨粉中含有 Al_2O_3 0.005% ~ 0.007%, SiO_2 0.020% ~ 0.023%, K_2O 0.0048% ~ 0.0097%,余量为 WO_3 和其他不可避免的杂质。

4. 根据权利要求 3 所述的一种钨合金板材的轧制加工方法,其特征在于,所述钨合金板坯中钾的质量含量为 40ppm ~ 100ppm。

5. 根据权利要求 1 所述的一种钨合金板材的轧制加工方法,其特征在于,步骤一中所述回炉加热的温度为 1500℃ ~ 1550℃,保温时间为 20min ~ 60min,保护气氛为氢气或惰性气体。

6. 根据权利要求 1 所述的一种钨合金板材的轧制加工方法,其特征在于,步骤二中所述退火处理的温度为 1500℃ ~ 1600℃,保温时间为 1h ~ 2h。

7. 根据权利要求 1 所述的一种钨合金板材的轧制加工方法,其特征在于,步骤三中所述回炉加热的温度为 1300℃ ~ 1400℃,保温时间为 15min ~ 30min,保护气氛为氢气或惰性气体。

8. 根据权利要求 1 所述的一种钨合金板材的轧制加工方法,其特征在于,步骤四中所述退火处理的温度为 1500℃ ~ 1600℃,保温时间为 1h ~ 2h。

9. 根据权利要求 1 所述的一种钨合金板材的轧制加工方法,其特征在于,步骤五中所述回炉加热的温度为 1200℃ ~ 1300℃,保温时间为 15min ~ 30min,保护气氛为氢气或惰性气体。

10. 根据权利要求 1 所述的一种钨合金板材的轧制加工方法,其特征在于,步骤六中所述高温再结晶热处理的温度为 $2000^{\circ}\text{C} \sim 2300^{\circ}\text{C}$,保温时间为 $1\text{h} \sim 2\text{h}$ 。

一种钨合金板材的轧制加工方法

技术领域

[0001] 本发明属于钨合金板材加工技术领域，具体涉及一种钨合金板材的轧制加工方法。

背景技术

[0002] 掺杂硅、铝和钾的钨合金 (WA11、WA12 或 WA13) 是一种耐高温钨合金，以下简称钨合金。生产过程中通过向钨粉末中掺杂了微量的硅 (Si)，(铝)Al，钾 (K) 的氧化物，然后在坯料高温烧结过程中 Si 和 Al 的氧化物掺杂剂挥发后，K 元素则以气泡的形式残存在晶粒内部，这使得经过压力加工后材料经过高温处理之后具有二次再结晶性能，容易形成一种大长径比大晶粒组织，从而使得掺杂硅、铝和钾的钨合金具有优异的高温抗变形性能。相比纯钨材料而言，大晶粒的钨合金材料的再结晶温度高 (超过 2000℃)，在长期高温环境中使用时，晶粒不容易继续长大，且工件不容易发生变形，开裂等故障，使得材料的使用寿命大大延长。

[0003] 目前，钨合金广泛应用于丝材加工，因为经过压力加工和高温再结晶退火之后钨合金丝内部形成了一种燕尾搭接的粗大纤维晶粒组织，这种组织具有良好的抗下垂性能，广泛用于汽车灯用抗震钨丝，高温发热体等用途。但钨合金板材产品发展却很慢，特别是针对高端高温工业炉制造领域中需要用作隔热屏、发热体和炉盖板等耐高温、抗变形条件下用的钨合金板材开发和研究较少，国内外相关的产品和技术研究较少。

[0004] 若采用现有的钨板轧制生产技术，生产出的钨合金板材因为在轧制过程中晶粒不断遭到轧制细化，再经过二次再结晶热处理之后形成的组织的长径比较小 (小于 10)，且容易形成粗大的等轴晶组织和异常长大的大晶粒组织，导致钨合金板材抗弯曲变形能力明显下降。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题在于针对上述现有技术的不足，提供一种钨合金板材的轧制加工方法。该方法简单，设备来源广泛，对环境无污染，性能可靠，可批量化生产，通过控制轧制温度、道次变形量和退火温度等参数，得到了均匀的大晶粒组织，生产的钨合金板材晶粒组织均匀，晶粒的长径比不小于 10。

[0006] 为解决上述技术问题，本发明采用的技术方案是：一种钨合金板材的轧制加工方法，其特征在于，该方法包括以下步骤：

[0007] 步骤一、在氢气或惰性气体保护下，将厚度为 30mm ~ 40mm 的钨合金板坯加热至 1500℃ ~ 1600℃ 并保温 20min ~ 60min，然后对保温后的钨合金板坯进行三道次轧制，第一道次轧制的加工率为 15% ~ 20%，第二道次和第三道次轧制的加工率均为 20% ~ 30%，轧制过程中相邻两道次之间对轧制后的钨合金板坯进行回炉加热；

[0008] 步骤二、在氢气或惰性气体保护下，对步骤一中经三道次轧制后的钨合金板坯进行退火处理；

[0009] 步骤三、在氢气或惰性气体保护下,将步骤二中经退火处理后的钨合金板坯加热至 1300℃~1400℃并保温 15min~30min,然后对保温后的钨合金板坯进行四道次轧制,轧制的道次加工率为 15%~20%,轧制过程中相邻两道次之间对轧制后的钨合金板坯进行回炉加热;

[0010] 步骤四、在氢气或惰性气体保护下,对步骤三中经四道次轧制后的钨合金板坯进行退火处理;

[0011] 步骤五、在氢气或惰性气体保护下,将步骤四中经退火处理后的钨合金板坯加热至 1200℃~1300℃并保温 15min~30min,然后对保温后的钨合金板坯进行多道次轧制,轧制的道次加工率为 15%~20%,得到厚度为 2.5mm~3.5mm 的板材,轧制过程中相邻两道次之间对轧制后的钨合金板坯进行回炉加热;

[0012] 步骤六、在氢气或惰性气体保护下,对步骤五中经多道次轧制后的钨合金板坯进行高温再结晶热处理,得到钨合金板材。

[0013] 上述的一种钨合金板材的轧制加工方法,其特征在于,步骤一中所述钨合金板坯是以掺杂钨粉为原料,采用粉末冶金烧结制备的钨合金板坯。

[0014] 上述的一种钨合金板材的轧制加工方法,其特征在于,按质量百分比计,所述掺杂钨粉中含有 Al_2O_3 0.005%~0.007%, SiO_2 0.020%~0.023%, K_2O 0.0048%~0.0097%,余量为 WO_3 和其他不可避免的杂质。

[0015] 上述的一种钨合金板材的轧制加工方法,其特征在于,所述钨合金板坯中钾的质量含量为 40ppm~100ppm。

[0016] 上述的一种钨合金板材的轧制加工方法,其特征在于,步骤一中所述回炉加热的温度为 1500℃~1550℃,保温时间为 20min~60min,保护气氛为氢气或惰性气体。

[0017] 上述的一种钨合金板材的轧制加工方法,其特征在于,步骤二中所述退火处理的温度为 1500℃~1600℃,保温时间为 1h~2h。

[0018] 上述的一种钨合金板材的轧制加工方法,其特征在于,步骤三中所述回炉加热的温度为 1300℃~1400℃,保温时间为 15min~30min,保护气氛为氢气或惰性气体。

[0019] 上述的一种钨合金板材的轧制加工方法,其特征在于,步骤四中所述退火处理的温度为 1500℃~1600℃,保温时间为 1h~2h。

[0020] 上述的一种钨合金板材的轧制加工方法,其特征在于,步骤五中所述回炉加热的温度为 1200℃~1300℃,保温时间为 15min~30min,保护气氛为氢气或惰性气体。

[0021] 上述的一种钨合金板材的轧制加工方法,其特征在于,步骤六中所述高温再结晶热处理的温度为 2000℃~2300℃,保温时间为 1h~2h。

[0022] 本发明与现有技术相比具有以下优点:

[0023] 1、本发明的方法简单,设备来源广泛,对环境无污染,性能可靠,可批量化生产。

[0024] 2、本发明通过控制轧制温度、道次变形量和退火温度等参数,得到了均匀的大晶粒组织,生产的钨合金板材晶粒组织均匀,晶粒的长径比不小于 10。

[0025] 下面结合附图和实施例,对本发明技术方案做进一步的详细说明。

附图说明

[0026] 图 1 为本发明实施例 1 轧制的钨合金板材的金相组织图。

具体实施方式

[0027] 实施例 1

[0028] 步骤一、在氢气保护下,将厚度为 30mm 的钨合金板坯加热至 1500℃并保温 40min,然后对保温后的钨合金板坯进行三道次轧制,轧制过程中控制第一道次轧制的加工率为 15%,第一道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1500℃并保温 40min 后再进行第二道次轧制,控制第二道次轧制的加工率为 30%,第二道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1500℃并保温 30min 后再进行第三道次轧制,控制第三道次轧制的加工率为 20%,两次回炉加热的保护气氛均为氢气;所述钨合金板坯是以掺杂钨粉为原料,采用常规粉末冶金烧结制备的钨合金板坯,钨合金板坯中钾的质量含量为 40ppm,按质量百分比计,所述掺杂钨粉中含有 Al_2O_3 0.005%, SiO_2 0.020%, K_2O 0.0048%,余量为 WO_3 和其他不可避免的杂质;

[0029] 优选的钨合金板坯的制备方法为:采用冷等静压将掺杂钨粉压制成药料,压制的压力为 250MPa,保压时间为 5min;然后将压制的药料置于烧结炉中,在氢气气氛保护下,温度为 2300℃条件下烧结 8h,得到钨合金板坯;

[0030] 步骤二、在氢气保护下,对步骤一中经三道次轧制后的钨合金板坯进行退火处理;所述退火处理的温度为 1600℃,保温时间为 1h;

[0031] 步骤三、在氢气保护下,将步骤二中经退火处理后的钨合金板坯加热至 1400℃并保温 30min,然后对保温后的钨合金板坯进行四道次轧制,轧制过程中控制第一道次轧制的加工率为 20%,第一道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1400℃并保温 25min 后再进行第二道次轧制,控制第二道次轧制的加工率为 20%,第二道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1350℃并保温 25min 后再进行第三道次轧制,控制第三道次轧制的加工率为 20%,第三道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1350℃并保温 20min 后再进行第四道次轧制,控制第四道次轧制的加工率为 15%,三次回炉加热的保护气氛均为氢气;

[0032] 步骤四、在氢气保护下,对步骤三中经四道次轧制后的钨合金板坯进行退火处理;所述退火处理的温度为 1500℃,保温时间为 1h;

[0033] 步骤五、在氢气保护下,将步骤四中经退火处理后的钨合金板坯加热至 1300℃并保温 30min,然后对保温后的钨合金板坯进行四道次轧制,轧制过程中控制第一道次轧制的加工率为 20%,第一道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1300℃并保温 25min 后再进行第二道次轧制,控制第二道次轧制的加工率为 18%,第二道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1250℃并保温 25min 后再进行第三道次轧制,控制第三道次轧制的加工率为 15%,第三道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1300℃并保温 20min 后再进行第四道次轧制,控制第四道次轧制的加工率为 15%,三次回炉加热的保护气氛均为氢气,得到厚度为 2.9mm 的板材;

[0034] 步骤六、在氢气保护下,对步骤五中经四道次轧制后的钨合金板坯进行高温再结晶热处理,得到厚度约为 2.9mm 的钨合金板材;所述高温再结晶热处理的温度为 2000℃,保温时间为 2h。

[0035] 对本实施例轧制加工的钨合金板材进行金相观测,结果如图 1 所示,得到的钨合金板材的合金晶粒平均宽度约为 25 μm ,平均长度约为 280 μm ,长径比大于 10。

[0036] 实施例 2

[0037] 步骤一、在氩气保护下,将厚度为 35mm 的钨合金板坯加热至 1550℃并保温 60min,然后对保温后的钨合金板坯进行三道次轧制,轧制过程中控制第一道次轧制的加工率为 15%,第一道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1550℃并保温 30min 后再进行第二道次轧制,控制第二道次轧制的加工率为 20%,第二道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1500℃并保温 20min 后再进行第三道次轧制,控制第三道次轧制的加工率为 30%,两次回炉加热的保护气氛均为氩气;所述钨合金板坯是以掺杂钨粉为原料,采用粉末冶金烧结制备的钨合金板坯,钨合金板坯中钾的质量含量为 70ppm,按质量百分比计,所述掺杂钨粉中含有 Al_2O_3 0.006%, SiO_2 0.0215%, K_2O 0.007%,余量为 WO_3 和其他不可避免的杂质;

[0038] 优选的钨合金板坯的制备方法为:采用冷等静压将掺杂钨粉压制成药料,压制的压力为 200MPa,保压时间为 10min;然后将压制的药料置于烧结炉中,在氢气气氛保护下,温度为 2000℃条件下烧结 10h,得到钨合金板坯;

[0039] 步骤二、在氩气保护下,对步骤一中经三道次轧制后的钨合金板坯进行退火处理;所述退火处理的温度为 1500℃,保温时间为 2h;

[0040] 步骤三、在氩气保护下,将步骤二中经退火处理后的钨合金板坯加热至 1300℃并保温 25min,然后对保温后的钨合金板坯进行四道次轧制,轧制过程中控制第一道次轧制的加工率为 20%,第一道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1400℃并保温 25min 后再进行第二道次轧制,控制第二道次轧制的加工率为 20%,第二道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1350℃并保温 25min 后再进行第三道次轧制,控制第三道次轧制的加工率为 20%,第三道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1350℃并保温 20min 后再进行第四道次轧制,控制第四道次轧制的加工率为 15%,三次回炉加热的保护气氛均为氩气;

[0041] 步骤四、在氩气保护下,对步骤三中经四道次轧制后的钨合金板坯进行退火处理;所述退火处理的温度为 1600℃,保温时间为 1.5h;

[0042] 步骤五、在氩气保护下,将步骤四中经退火处理后的钨合金板坯加热至 1200℃并保温 25min,然后对保温后的钨合金板坯进行五道次轧制,轧制过程中控制第一道次轧制的加工率为 20%,第一道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1200℃并保温 30min 后再进行第二道次轧制,控制第二道次轧制的加工率为 17%,第二道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1250℃并保温 25min 后再进行第三道次轧制,控制第三道次轧制的加工率为 15%,第三道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1300℃并保温 20min 后再进行第四道次轧制,控制第四道次轧制的加工率为 15%,第四道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1300℃并保温 15min 后再进行第五道次轧制,控制第五道次轧制的加工率为 15%,四次回炉加热的保护气氛均为氩气,得到厚度约为 3.0mm 的板材;

[0043] 步骤六、在氩气保护下,对步骤五中经五道次轧制后的钨合金板坯进行高温再结晶热处理,得到厚度约为 3.0mm 的钨合金板材;所述高温再结晶热处理的温度为 2200℃,保温时间为 1.5h。

[0044] 对本实施例轧制加工的钨合金板材进行金相观测,得到的钨合金板材的合金晶粒平均宽度约为 30 μ m,平均长度约为 300 μ m,长径比为 10。

[0045] 实施例 3

[0046] 步骤一、在氩气保护下,将厚度为 40mm 的钨合金板坯加热至 1600℃并保温 20min,然后对保温后的钨合金板坯进行三道次轧制,轧制过程中控制第一道次轧制的加工率为

20%，第一道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1550℃并保温 20min 后再进行第二道次轧制，控制第二道次轧制的加工率为 30%，第二道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1500℃并保温 60min 后再进行第三道次轧制，控制第三道次轧制的加工率为 20%，两次回炉加热的保护气氛均为氩气；所述钨合金板坯是以掺杂钨粉为原料，采用粉末冶金烧结制备的钨合金板坯，钨合金板坯中钾的质量含量为 100ppm，按质量百分比计，所述掺杂钨粉中含有 Al_2O_3 0.007%， SiO_2 0.023%， K_2O 0.0097%，余量为 WO_3 和其他不可避免的杂质；

[0047] 优选的钨合金板坯的制备方法为：采用冷等静压将掺杂钨粉压制成坯料，压制的压力为 300MPa，保压时间为 3min；然后将压制的坯料置于烧结炉中，在氢气气氛保护下，温度为 2500℃条件下烧结 6h，得到钨合金板坯；

[0048] 步骤二、在氩气保护下，对步骤一中经三道次轧制后的钨合金板坯进行退火处理；所述退火处理的温度为 1550℃，保温时间为 1.5h；

[0049] 步骤三、在氩气保护下，将步骤二中经退火处理后的钨合金板坯加热至 1350℃并保温 15min，然后对保温后的钨合金板坯进行四道次轧制，轧制过程中控制第一道次轧制的加工率为 20%，第一道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1400℃并保温 25min 后再进行第二道次轧制，控制第二道次轧制的加工率为 20%，第二道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1350℃并保温 25min 后再进行第三道次轧制，控制第三道次轧制的加工率为 20%，第三道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1350℃并保温 20min 后再进行第四道次轧制，控制第四道次轧制的加工率为 15%，三次回炉加热的保护气氛均为氩气；

[0050] 步骤四、在氩气保护下，对步骤三中经四道次轧制后的钨合金板坯进行退火处理；所述退火处理的温度为 1550℃，保温时间为 2h；

[0051] 步骤五、在氩气保护下，将步骤四中经退火处理后的钨合金板坯加热至 1250℃并保温 15min，然后对保温后的钨合金板坯进行四道次轧制，轧制过程中控制第一道次轧制的加工率为 20%，第一道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1300℃并保温 25min 后再进行第二道次轧制，控制第二道次轧制的加工率为 20%，第二道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1250℃并保温 25min 后再进行第三道次轧制，控制第三道次轧制的加工率为 17%，第三道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1300℃并保温 20min 后再进行第四道次轧制，控制第四道次轧制的加工率为 15%，三次回炉加热的保护气氛均为氩气，得到厚度约为 3.5mm 的板材；

[0052] 步骤六、在氩气保护下，对步骤五中经五道次轧制后的钨合金板坯进行高温再结晶热处理，得到厚度约为 3.5mm 的钨合金板材；所述高温再结晶热处理的温度为 2300℃，保温时间为 1h。

[0053] 对本实施例轧制加工的钨合金板材进行金相观测，得到的钨合金板材的合金晶粒平均宽度约为 30 μm ，平均长度约为 350 μm ，长径比大于 10。

[0054] 实施例 4

[0055] 步骤一、在氢气保护下，将厚度为 35mm 的钨合金板坯加热至 1550℃并保温 30min，然后对保温后的钨合金板坯进行三道次轧制，轧制过程中控制第一道次轧制的加工率为 18%，第一道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1520℃并保温 60min 后再进行第二道次轧制，控制第二道次轧制的加工率为 25%，第二道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1550℃并保温 30min 后再进行第三道次轧制，控制第三道次轧制的加工率为 25%，两次回炉加热

的保护气氛均为氢气；所述钨合金板坯是以掺杂钨粉为原料，采用粉末冶金烧结制备的钨合金板坯，钨合金板坯中钾的质量含量为 80ppm，按质量百分比计，所述掺杂钨粉中含有 Al_2O_3 0.0067%， SiO_2 0.021%， K_2O 0.008%，余量为 WO_3 和其他不可避免的杂质；

[0056] 优选的钨合金板坯的制备方法为：采用冷等静压将掺杂钨粉压制成坯料，压制的压力为 250MPa，保压时间为 5min；然后将压制的坯料置于烧结炉中，在氢气气氛保护下，温度为 2300℃ 条件下烧结 8h，得到钨合金板坯；

[0057] 步骤二、在氢气保护下，对步骤一中经三道次轧制后的钨合金板坯进行退火处理；所述退火处理的温度为 1580℃，保温时间为 1h；

[0058] 步骤三、在氢气保护下，将步骤二中经退火处理后的钨合金板坯加热至 1400℃ 并保温 15min，然后对保温后的钨合金板坯进行四道次轧制，轧制过程中控制第一道次轧制的加工率为 15%，第一道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1350℃ 并保温 20min 后再进行第二道次轧制，控制第二道次轧制的加工率为 18%，第二道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1300℃ 并保温 30min 后再进行第三道次轧制，控制第三道次轧制的加工率为 20%，第三道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1400℃ 并保温 15min 后再进行第四道次轧制，控制第四道次轧制的加工率为 20%，三次回炉加热的保护气氛均为氢气；

[0059] 步骤四、在氢气保护下，对步骤三中经四道次轧制后的钨合金板坯进行退火处理；所述退火处理的温度为 1600℃，保温时间为 1h；

[0060] 步骤五、在氢气保护下，将步骤四中经退火处理后的钨合金板坯加热至 1300℃ 并保温 20min，然后对保温后的钨合金板坯进行六道次轧制，轧制过程中控制第一道次轧制的加工率为 15%，第一道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1200℃ 并保温 30min 后再进行第二道次轧制，控制第二道次轧制的加工率为 15%，第二道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1200℃ 并保温 30min 后再进行第三道次轧制，控制第三道次轧制的加工率为 20%，第三道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1250℃ 并保温 15min 后再进行第四道次轧制，控制第四道次轧制的加工率为 20%，第四道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1250℃ 并保温 15min 后再进行第五道次轧制，控制第五道次轧制的加工率为 17%，第五道次轧制后将钨合金板坯回炉加热至 1200℃ 并保温 30min 后再进行第六道次轧制，控制第六道次轧制的加工率为 15%，五次回炉加热的保护气氛均为氢气，得到厚度约为 2.5mm 的板材；

[0061] 步骤六、在氢气保护下，对步骤五中经五道次轧制后的钨合金板坯进行高温再结晶热处理，得到厚度约为 2.5mm 的钨合金板材；所述高温再结晶热处理的温度为 2100℃，保温时间为 2h。

[0062] 对本实施例轧制加工的钨合金板材进行金相观测，得到的钨合金板材的合金晶粒平均宽度约为 23 μm ，平均长度约为 250 μm ，长径比为 10。

[0063] 以上所述，仅是本发明的较佳实施例，并非对本发明做任何限制，凡是根据发明技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、变更以及等效结构变化，均仍属于本发明技术方案的保护范围内。

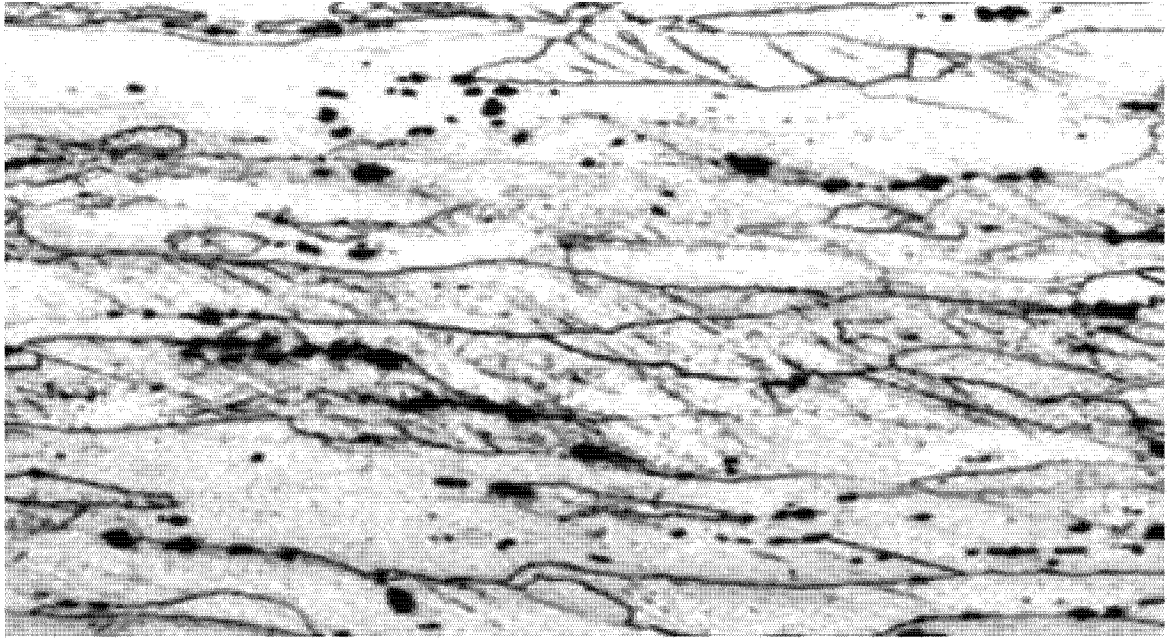


图 1