

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2014 年 8 月 21 日 (21.08.2014)



(10) 国际公布号
WO 2014/124582 A1

- (51) 国际专利分类号:
C22F 3/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2013/088569
- (22) 国际申请日: 2013 年 12 月 5 日 (05.12.2013)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201310052332.X 2013 年 2 月 18 日 (18.02.2013) CN
- (71) 申请人: 江苏大学 (JIANGSU UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。
- (72) 发明人: 赵玉涛 (ZHAO, Yutao); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。 陈刚 (CHEN, Gang); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。 张松利 (ZHANG, Songli); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。
- (74) 代理人: 南京经纬专利商标代理有限公司 (NANJING JINGWEI PATENT & TRADEMARK AGENCY CO., LTD); 中国江苏省南京市鼓楼区中山路 179 号 12 楼 B 座, Jiangsu 210005 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

(54) Title: METHOD FOR PREPARING ULTRA-FINE GRAIN ALUMINUM ALLOY AND COMPOSITE MATERIAL THERE-OF

(54) 发明名称: 一种制备超细晶铝合金及其复合材料的方法

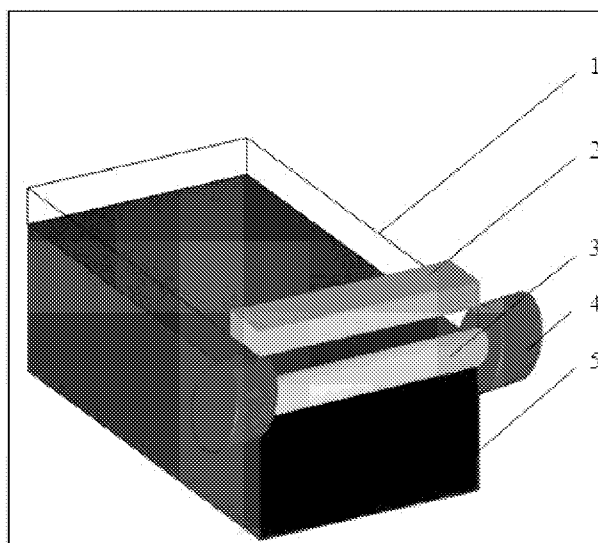


图 1 / Fig. 1

(57) Abstract: A method for preparing an ultra-fine grain aluminum alloy and a composite material thereof comprises the steps: first processing the aluminum alloy or aluminum-based composite material to a plate, then abutting the plate against a block material (5) having a certain thickness and a same material with the plate, heating the plate with a pressed friction heating part (2) under pressure, and heating the plate and the block material (5) to an assigned temperature, subsequently introducing a rotating stirring rod (3) between the plate and the block material (5), stirring with pressing, simultaneously moving the friction heating part (2) and the stirring rod (3) from one end of the plate to the other end of the plate until the stirring rod (3) is moved out of the material; and then abutting another plate having a same material with the plate against the larger face of the above plate, repeating the above steps to realize connection, continuously connecting new plates until a required thickness is reached, and removing the initial block material (5) to obtain a fine grain block material.

(57) 摘要:

[见续页]



一种制备超细晶铝合金及其复合材料的方法，包括首先将铝合金或者铝基复合材料制备成板材，然后将板材与一定厚度的相同材质的块体材料（5）贴合，采用摩擦加热部件（2）在压力作用下对板材进行加热，将板材与上述块体材料（5）加热到指定温度，随后在板材与块体材料（5）之间引入旋转的搅拌杆（3），边施压边搅拌，同时摩擦加热部件（2）与搅拌杆（3）一起从板材一端向另一端移动，直至搅拌杆（3）移出材料；然后在上述板材的大平面上贴合上另一块相同材质的板材，重复上述过程实现连接，如此不断连接上新的板材，直到达到要求的厚度，去除最初的块体材料（5）部分即得到块体细晶材料。

一种制备超细晶铝合金及其复合材料的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及铝合金及其复合材料，具体而言为涉及一种采用搅拌摩擦方法制备超细晶铝合金及其复合材料的方法。

技术背景

[0002] 晶粒细化可以有效提高材料强度，同时对材料塑性和韧性也能有很大改善，因此晶粒尺寸小于 $1\mu\text{m}$ 的超细晶材料应用潜力巨大；目前，超细晶材料的制备方法主要包括喷射沉积法、机械研磨法、机械合金化法、非晶晶化法、摩擦压扭法、电解沉积法、快速凝固法和强烈塑性变形法等；但是，上述方法由于各自的技术限制，如喷射沉积法工艺复杂、非晶晶化法实现非晶化过程比较困难等，目前还未能实现工业应用。

[0003] 搅拌摩擦加工是一种全新的细晶材料制备技术，该方法利用搅拌头造成加工区材料的剧烈塑性变形、混合、破碎和热暴露，实现材料显微组织的致密化、均匀化和细化；采用该技术制备晶粒尺寸为纳米级的细晶铝合金，其强度和塑性都得到很大提高；该方法的基本过程是：搅拌头旋转启动后，以一定速度插入待处理材料；停留一段时间，搅拌头附近区域的材料得到足够的摩擦热而出现软化变形；此时可以进行处理，热塑化的材料不断被搅拌头向后转移，这部分材料在一定锻压力的作用下可以与周围材料形成牢固的扩散连接；搅拌摩擦加工过程中，在热和机械的双重作用下，材料发生剧烈的塑性变形和回复再结晶，促使晶粒细化，使材料组织均匀致密，缺陷减少；目前，该技术主要用于改善各种铸造合金的微观组织，从而提高合金的综合性能。

[0004] 然而，研究表明，由于搅拌摩擦加工的加热方式为由一端进行加热，材料的加工厚度受到很大限制，目前加工的材料一般为板类，切厚度在 10mm 以下；同时，只有通过增加 FSP 道次来提高材料组织的均匀性和得到大范围的 FSP 材料，但仍不能得到完全意义上的组织分布均匀；从目前研究来看，在 FSP 的实现方式上未能脱离 FSW 模式，这就从根本上难于解决材料微观结构不均匀现象。因此，迫切需要开发基于 FSP 基本思想的材料制备新工艺，以突破组织均匀性和材料厚度的瓶颈。

发明内容

[0005] 本发明提出一种制备超细晶铝合金及其复合材料的方法，其原理是：通过对一定厚度的板材在厚度方向上进行摩擦加热，然后通过局部加压并采用跨越整个板材宽度的搅拌杆的搅拌作用，将板材的大平面部分连接在一起，在实现连接的同时实现材料组织

的细化；该方法在材料整个宽度上加热，可实现搅拌细化的范围更大；而局部加压方式的采用，可以用更小的设备对需要连接的部分施加更大的压力，更加有利于搅拌杆的行走。

[0006] 本发明提出一种制备超细晶铝合金及其复合材料的方法，具体而言为：首先将铝合金或者铝基复合材料制备成板材，然后将板材与一定厚度的相同材质的块体材料贴合，采用摩擦加热部件在压力作用下对板材进行加热，将板材与上述块体材料加热到指定温度，随后在板材与块体材料之间引入旋转的搅拌杆，摩擦加热部件与搅拌杆一起从板材一端向另一端移动，边施压边搅拌，直至搅拌杆移出材料；然后在上述板材的大平面上贴合上另一块相同材质的板材，重复上述过程实现连接，如此不断连接上新的板材，直到达到要求的厚度，去除最初的块体材料部分即得到块体细晶材料。

[0007] 所涉及的板材，是指厚度为 3~6mm、宽度为 50~160mm 的铝合金或者颗粒增强铝基复合材料板材。

[0008] 所涉及的一定厚度的相同材质的块体材料，是指厚度为 5~10mm，长度、宽度及材质与板材相同的铝合金或者铝基复合材料。

[0009] 所涉及的摩擦加热部件，是指由 5~8 个可旋转的摩擦头组成的摩擦加热部件，摩擦头与板材贴合的一面做成目前搅拌摩擦加工轴肩常见的形状，如多道同心凸起圆环状，摩擦头的直径为 9~18mm，相邻摩擦头之间相距 1~2mm，板材越宽摩擦头个数越多。

[0010] 所涉及的压力作用，是指将摩擦加热部件以 0.5~5.0MPa 的压应力贴合指定在板材的表面。

[0011] 所涉及的加热到指定温度，是指通过摩擦加热部件对板材加热，并通过板材对块体材料进行加热，加热温度为 $0.8\sim 0.9T_m$ ，其中 T_m 为板材的熔点，单位是 K。

[0012] 所涉及的搅拌杆，是指直径 4~8mm，带有标准螺纹的高速钢圆柱杆，搅拌杆的长度与板材的宽度相等，长度越长，直径越大。

[0013] 所涉及的保温挡板，是指直径为 8~15mm、厚度为 10~15mm 的由耐热保温材料，如耐火棉制作的挡板，两侧的保温挡板与搅拌杆做成一体，搅拌杆与保温挡板居中连接。

[0014] 所涉及的摩擦加热部件与搅拌杆一起从板材一端向另一端移动，是指摩擦加热部件在前，搅拌杆在后，摩擦加热部件沿板材宽度方向的对称中心线与搅拌杆中轴线水平距离相距 5~10mm，以 30~80mm/min 的相同移动速度一起从板材一端向另一端移动。

[0015] 所涉及的边施压边搅拌，是指搅拌杆紧跟摩擦加热部件，并由摩擦加热部件对板

材表面施加 0.5~5.0MPa 的压应力，搅拌杆的旋转速度为 800~1200rpm。

[0016] 本发明提出的方法的优点在于：与现有方法相比，加热的范围更宽，压力更大，设备布置更加灵活，材料组织更均匀，既可以对铝合金进行处理，也可以对铝基复合材料进行处理，其原理还可用于其它合金材料及其复合材料，可以获得大尺寸超细晶材料。

附图说明

[0017] 图 1 为本发明装置示意图，其中 1 为待加工板材，2 为摩擦加热部件，3 为搅拌杆，4 为保温挡板，5 为相同材质的块体材料或已加工过的材料；

图 2 为本发明为摩擦加热部件，其中 1 为摩擦头，2 为摩擦加热部件框架。

[0018] 图 3 为 A356 合金的显微组织照片；其中 (a) 为常规金属型铸造；(b) 为本发明制备的超细晶。

具体实施方式

[0019] 本发明可以根据以下实例实施，但不限于以下实例；在本发明中所使用的术语，除非有另外说明，一般具有本领域普通技术人员通常理解的含义；应理解，这些实施例只是为了举例说明本发明，而非以任何方式限制本发明的范围；在以下的实施例中，未详细描述的各种过程和方法是本领域中公知的常规方法。

[0020] 实施例 1

本实施例具体实施一种制备超细晶 A356 合金的方法：首先将 A356 合金制备成厚度 3mm、宽度 50mm、长度 200mm 的板材，然后将板材与厚度为 5mm、宽度 50mm、长度 200mm 的 A356 合金材料贴合，在 0.5MPa 压应力作用下采用摩擦加热部件对板材进行加热，将板材与上述块体材料加热到 550℃，随后在板材与块体材料之间引入旋转的搅拌杆；摩擦加热部件由 5 个可旋转的摩擦头组成，摩擦头与板材贴合的一面做成多道同心凸起圆环状，摩擦头的直径为 9mm，相邻摩擦头之间相距 1mm；搅拌杆为直径 4mm、长度 50mm，带有标准螺纹的高速钢圆柱杆，搅拌杆与两侧的保温挡板做成一体，搅拌杆与保温挡板居中连接，保温挡板直径为 8mm、厚度为 10mm，由耐火棉制作而成；搅拌过程中，搅拌杆紧跟摩擦加热部件，并由摩擦加热部件对板材表面施加 0.5MPa 的压应力，搅拌杆的旋转速度为 800rpm；该过程中，摩擦加热部件在前，搅拌杆在后，摩擦加热部件沿板材宽度方向的对称中心线与搅拌杆中轴线水平距离相距 5mm，以 30mm/min 的相同移动速度一起从板材一端向另一端移动，直至搅拌杆移出材料；然后，在上述板材的大平面上贴合上另一块厚度 3mm、宽度 50mm、长度 200mm 的 A356 合金板材，重复上述过程实

现连接，如此不断连接上新的板材，直到达到要求的厚度 60mm，去除最初 5mm 厚的块体材料部分，得到块体细晶 A356 合金材料；从图 3 可以看出，细晶 A356 合金中 α 相明显细化， α 相晶粒由常规金属型的平均 $40\mu\text{m}$ 细化到低于 $10\mu\text{m}$ ，且晶粒尺寸均匀，共晶硅呈细小颗粒状。

[0021] 实施例 2

本实施例具体实施一种制备超细晶 6061 合金的方法：首先将 6061 合金制备成厚度 6mm、宽度 160mm、长度 500mm 的板材，然后将板材与厚度为 10mm、宽度 160mm、长度 500mm 的 6061 合金材料贴合，在 5.0MPa 压应力作用下采用摩擦加热部件对板材进行加热，将板材与上述块体材料加热到 450°C ，随后在板材与块体材料之间引入旋转的搅拌杆；摩擦加热部件由 8 个可旋转的摩擦头组成，摩擦头与板材贴合的一面做成多道同心凸起圆环状，摩擦头的直径为 18mm，相邻摩擦头之间相距 2mm；搅拌杆为直径 8mm、长度 160mm，带有标准螺纹的高速钢圆柱杆，搅拌杆与两侧的保温挡板做成一体，搅拌杆与保温挡板居中连接；保温挡板直径为 15mm、厚度为 15mm，由耐火棉制作而成；搅拌过程中，搅拌杆紧跟摩擦加热部件，并由摩擦加热部件对板材表面施加 5.0MPa 的压应力，搅拌杆的旋转速度为 1200rpm；该过程中，摩擦加热部件在前，搅拌杆在后，摩擦加热部件沿板材宽度方向的对称中心线与搅拌杆中轴线水平距离相距 10mm，以 80mm/min 的相同移动速度一起从板材一端向另一端移动，直至搅拌杆移出材料。然后，在上述板材的大平面上贴合上另一块厚度 6mm、宽度 160mm、长度 500mm 的 6061 合金板材，重复上述过程实现连接，如此不断连接上新的板材，直到达到要求的厚度 200mm，去除最初 10mm 厚的块体材料部分，得到块体细晶 6061 合金材料。

[0022] 实施例 3

本实施例具体实施一种制备细晶 $\text{SiC}_p/6061$ 复合材料的方法：首先将 $\text{SiC}/6061$ 复合材料制备成厚度 6mm、宽度 160mm、长度 400mm 的板材，然后将板材与厚度为 10mm、宽度 160mm、长度 400mm 的 $\text{SiC}/6061$ 复合材料贴合，在 3.0MPa 压应力作用下采用摩擦加热部件对板材进行加热，将板材与上述块体材料加热到 500°C ，随后在板材与块体材料之间引入旋转的搅拌杆；摩擦加热部件由 8 个可旋转的摩擦头组成，摩擦头与板材贴合的一面做成多道同心凸起圆环状，摩擦头的直径为 18mm，相邻摩擦头之间相距 2mm；搅拌杆为直径 8mm、长度 160mm，带有标准螺纹的高速钢圆柱杆，搅拌杆与两侧的保温挡板做成一体，搅拌杆与保温挡板居中连接；保温挡板直径为 15mm、厚度为 15mm，由

耐火棉制作而成；搅拌过程中，搅拌杆紧跟摩擦加热部件，并由摩擦加热部件对板材表面施加 3.0MPa 的压应力，搅拌杆的旋转速度为 1000rpm；该过程中，摩擦加热部件在前，搅拌杆在后，摩擦加热部件沿板材宽度方向的对称中心线与搅拌杆中轴线水平距离相距 10mm，以 70mm/min 的相同移动速度一起从板材一端向另一端移动，直至搅拌杆移出材料；然后，在上述板材的大平面上贴合上另一块厚度 6mm、宽度 160mm、长度 400mm 的 $\text{SiC}_p/6061$ 复合材料板材，重复上述过程实现连接，如此不断连接上新的板材，直到达到要求的厚度 150mm，去除最初 10mm 厚的块体材料部分，得到块体细晶 $\text{SiC}_p/6061$ 复合材料。

[0023] 实施例 4

本实施例具体实施一种制备超细晶 $\text{TiC}_p/\text{A356}$ 复合材料的方法：首先将 $\text{TiC}_p/\text{A356}$ 复合材料制备成厚度 5mm、宽度 100mm、长度 300mm 的板材，然后将板材与厚度为 8mm、宽度 100mm、长度 300mm 的 $\text{TiC}_p/\text{A356}$ 复合材料贴合，在 2.0MPa 压应力作用下采用摩擦加热部件对板材进行加热，将板材与上述块体材料加热到 500℃，随后在板材与块体材料之间引入旋转的搅拌杆；摩擦加热部件由 6 个可旋转的摩擦头组成，摩擦头与板材贴合的一面做成多道同心凸起圆环状，摩擦头的直径为 15mm，相邻摩擦头之间相距 2mm；搅拌杆为直径 6mm、长度 100mm，带有标准螺纹的高速钢圆柱杆，搅拌杆与两侧的保温挡板做成一体，搅拌杆与保温挡板居中连接。保温挡板直径为 10mm、厚度为 12mm，由耐火棉制作而成；搅拌过程中，搅拌杆紧跟摩擦加热部件，并由摩擦加热部件对板材表面施加 2.0MPa 的压应力，搅拌杆的旋转速度为 1000rpm；该过程中，摩擦加热部件在前，搅拌杆在后，摩擦加热部件沿板材宽度方向的对称中心线与搅拌杆中轴线水平距离相距 8mm，以 60mm/min 的相同移动速度一起从板材一端向另一端移动，直至搅拌杆移出材料；然后，在上述板材的大平面上贴合上另一块厚度 5mm、宽度 100mm、长度 300mm 的 $\text{TiC}_p/\text{A356}$ 复合材料板材，重复上述过程实现连接，如此不断连接上新的板材，直到达到要求的厚度 150mm，去除最初 8mm 厚的块体材料部分，得到块体细晶 $\text{TiC}_p/\text{A356}$ 复合材料。

权 利 要 求 书

1. 一种制备超细晶铝合金及其复合材料的方法，其特征在于包括如下步骤：首先将铝合金或者铝基复合材料制备成板材，然后将板材与一定厚度的相同材质的块体材料贴合，采用摩擦加热部件在压力作用下对板材进行加热，将板材与上述块体材料加热到指定温度，随后在板材与块体材料之间引入旋转的搅拌杆，摩擦加热部件与搅拌杆一起从板材一端向另一端移动，边施压边搅拌，直至搅拌杆移出材料；然后在上述板材的大平面上贴合上另一块相同材质的板材，重复上述过程实现连接，如此不断连接上新的板材，直到达到要求的厚度，去除最初的块体材料部分即得到块体细晶材料。
2. 如权利要求 1 所述的一种制备超细晶铝合金及其复合材料的方法，其特征在于：所述的板材，是指厚度为 3~6mm、宽度为 50~160mm 的铝合金或者颗粒增强铝基复合材料板材。
3. 如权利要求 1 所述的一种制备超细晶铝合金及其复合材料的方法，其特征在于：所述的一定厚度的相同材质的块体材料，是指厚度为 5~10mm，长度、宽度及材质与板材相同的铝合金或者颗粒增强铝基复合材料。
4. 如权利要求 1 所述的一种制备超细晶铝合金及其复合材料的方法，其特征在于：所述的摩擦加热部件，是指由 5~8 个可旋转的摩擦头组成的摩擦加热部件，摩擦头与板材贴合的一面做成目前搅拌摩擦加工轴肩常见的多道同心凸起圆环状，摩擦头的直径为 9~18mm，相邻摩擦头之间相距 1~2mm，板材越宽摩擦头个数越多。
5. 如权利要求 1 所述的一种制备超细晶铝合金及其复合材料的方法，其特征在于：所述的压力作用，是指将摩擦加热部件以 0.5~5.0MPa 的压应力贴合指定在板材的表面。
6. 如权利要求 1 所述的一种制备超细晶铝合金及其复合材料的方法，其特征在于：所述的加热到指定温度，是指通过摩擦加热部件对板材加热，并通过板材对块体材料进行加热，加热温度为 $0.8\sim 0.9T_m$ ，其中 T_m 为板材的熔点，单位是 K。
7. 如权利要求 1 所述的一种制备超细晶铝合金及其复合材料的方法，其特征在于：所述的搅拌杆，是指直径 4~8mm，带有标准螺纹的高速钢圆柱杆，搅拌杆的长度与板材的宽度相等，长度越长，直径越大。
8. 如权利要求 1 所述的一种制备超细晶铝合金及其复合材料的方法，其特征在于：所述的保温挡板，是指直径为 8~15mm、厚度为 10~15mm 的由耐热保温材料制作的挡板，两侧的保温挡板与搅拌杆做成一体，搅拌杆与保温挡板居中连接。
9. 如权利要求 1 所述的一种制备超细晶铝合金及其复合材料的方法，其特征在于：所述

的摩擦加热部件与搅拌杆一起从板材一端向另一端移动，是指摩擦加热部件在前，搅拌杆在后，摩擦加热部件沿板材宽度方向的对称中心线与搅拌杆中轴线水平距离相距 5~10mm，以 30~80mm/min 的相同移动速度一起从板材一端向另一端移动。

10. 如权利要求 1 所述的一种制备超细晶铝合金及其复合材料的方法，其特征在于：所述的边施压边搅拌，是指搅拌杆紧跟摩擦加热部件，并由摩擦加热部件对板材表面施加 0.5~5.0MPa 的压应力，施加的压力应与摩擦加热部件对板材加热时施加的压力相等，搅拌杆的旋转速度为 800~1200rpm。

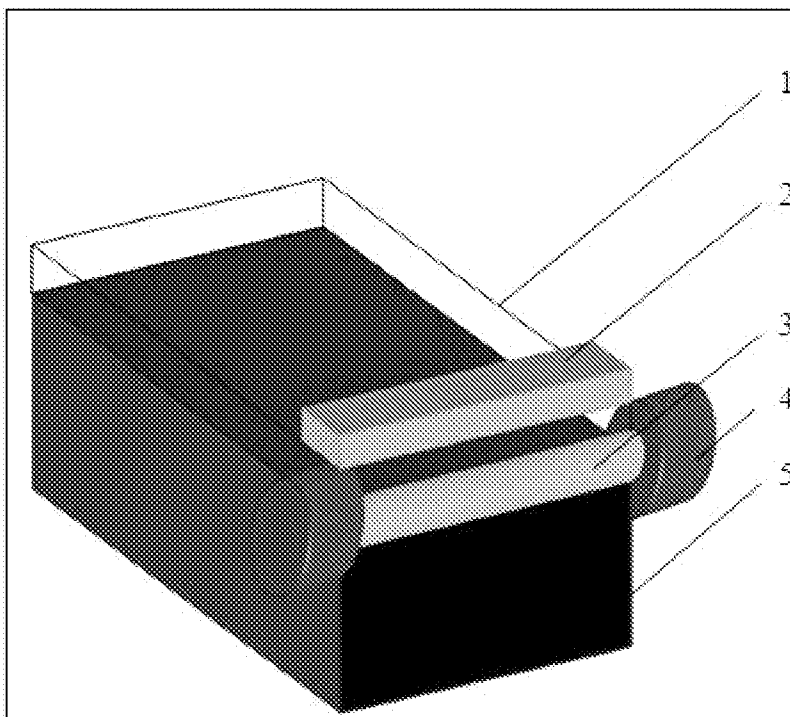


图 1

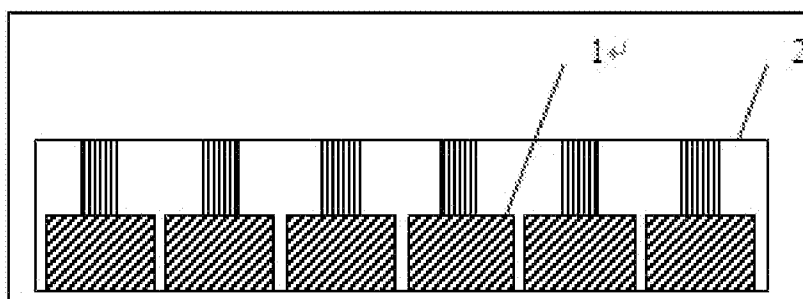


图 2

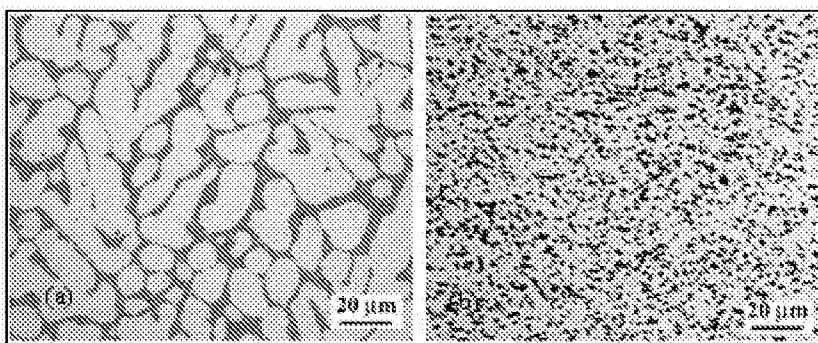


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2013/088569

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22F 3/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: C22F, C21D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, WPI, CNKI, CN-PAT: SFW, SFP, aluminium alloy, stir+, frict+, al, alumin?um, fine grain?, process+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	YIN, Juan, Friction Stir Welding of Ultrafine-grained Materials, MASTER'S DISSERTATION OF XI'AN UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND TECHNOLOGY, December 2009, pages 7-8 and 10-11, and figure 1.3	1-10
PX	CN 103352193 A (JIANGSU UNIVERSITY), 16 October 2013 (16.10.2013), claims 1-10	1-10
A	US 2004159696 A1 (INNOVATIVE TECHNOLOGY LICENSING LLC et al.), 19 August 2004 (19.08.2004), the whole document	1-10
A	US 6638381 B2 (BOEING CO et al.), 28 October 2003 (28.10.2003), the whole document	1-10
A	CN 102212817 A (SHANDONG JIANZHU UNIVERSITY), 12 October 2011 (12.10.2011), the whole document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 18 February 2014 (18.02.2014)	Date of mailing of the international search report 13 March 2014 (13.03.2014)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer WANG, Yu Telephone No.: (86-10) 62084745

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2013/088569

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103352193 A	16.10.2013	None	
US 2004159696 A1	19.08.2004	US 6866180 B2	15.03.2005
US 6638381 B2	28.10.2003	US 2003111147 A1	19.06.2003
		CA 2411124 A1	18.06.2003
		EP 1321199 A2	25.06.2003
		JP 2003268515 A	25.09.2003
		JP 3873021 B2	24.01.2007
		CA 2411124 C	03.04.2007
		EP 1321199 B1	03.04.2013
		ES 2416131 T3	30.07.2013
CN 102212817 A	12.10.2011	CN 102212817 B	05.06.2013

国际检索报告

 国际申请号
PCT/CN2013/088569
A. 主题的分类

C22F 3/00 (2006.01) i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: C22F, C21D

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

EPODOC, WPI, CNKI, CN-PAT, 搅拌, 摩擦, SFW, SFP, 铝, 铝合金, 细晶, 细化晶粒, stir+, frict+, al, alumin?um, fine grain?, process+

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	尹娟, 超细晶材料搅拌摩擦焊接研究, 西安建筑科技大学学位论文, 12 月 2009, 第 7-8 页, 10-11 页, 图 1.3	1-10
PX	CN 103352193 A (江苏大学) 16.10 月 2013 (16.10.2013) 权利要求 1-10	1-10
A	US2004159696A1 (INNOVATIVE TECHNOLOGY LICENSING LLC 等) 19.8 月 2004 (19.08.2004) 全文	1-10
A	US 6638381 B2 (BOEING CO 等) 28.10 月 2003 (28.10.2003) 全文	1-10
A	CN 102212817 A (山东建筑大学) 12.10 月 2011 (12.10.2011) 全文	1-10

☐ 其余文件在 C 栏的续页中列出。

☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

18.2 月 2014 (18.02.2014)

国际检索报告邮寄日期

13.3 月 2014 (13.03.2014)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:

中华人民共和国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088

传真号: (86-10)62019451

受权官员

王好

电话号码: (86-10) 62084745

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2013/088569

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN 103352193 A	16.10.2013	无	
US 2004159696 A1	19.08.2004	US 6866180 B2	15.03.2005
US 6638381 B2	28.10.2003	US 2003111147 A1	19.06.2003
		CA 2411124 A1	18.06.2003
		EP 1321199 A2	25.06.2003
		JP 2003268515 A	25.09.2003
		JP 3873021 B2	24.01.2007
		CA 2411124 C	03.04.2007
		EP 1321199 B1	03.04.2013
		ES2416131T3	30.07.2013
CN 102212817 A	12.10.2011	CN 102212817 B	05.06.2013