

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102179494 A

(43) 申请公布日 2011. 09. 14

(21) 申请号 201110100831. 2

(22) 申请日 2011. 04. 21

(71) 申请人 东北大学

地址 110819 辽宁省沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

(72) 发明人 崔建忠 蒋会学 秦克 赵志浩 王向杰 朱庆丰

(74) 专利代理机构 沈阳东大专利代理有限公司 21109

代理人 李在川

(51) Int. Cl.

B22D 11/14(2006. 01)

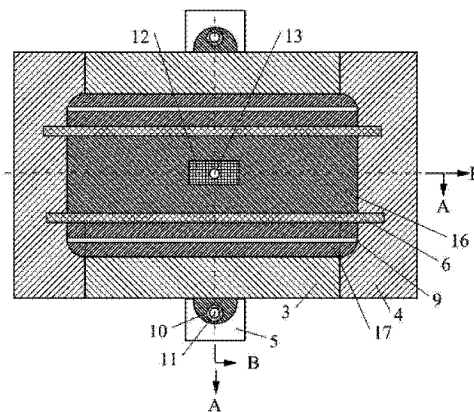
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 10 页

(54) 发明名称

一种铝合金复合铸锭的连铸方法及其装置

(57) 摘要

一种铝合金复合铸锭的连铸方法及其装置, 属于铝合金铸造技术领域, 装置包括分体结晶器、合金液分配器、热顶板和引锭, 其中引锭的上方固定连接两个挡板, 每个挡板上方与冷却板连接; 两个冷却板将分体结晶器内部分为芯材熔体腔和表材熔体腔; 方法为: 将待复合的两种合金分别熔炼、精炼、静置; 向冷却板水腔和水箱内通入冷却水并保持水流动; 将芯材合金液导入芯材熔体腔; 将表材合金液导入表材熔体腔; 启动引锭开始铸造。本发明能够确保表材合金液体流动均匀, 液面稳定, 温度均匀, 消除高冷却强度的三角区, 确保冷却板下的形成的支撑面沿冷却板水平方向温度均匀, 确保复合面的全面冶金结合。



1. 一种铝合金复合铸锭的连铸装置,包括分体结晶器、合金液分配器、热顶板和引锭,分体结晶器由两个大面水箱和两个侧面水箱构成,每个大面水箱上方连接一个合金液分配器,每个侧面水箱上方连接一个热顶板,引锭位于分体结晶器底部,合金液分配器的两端分别与一个热顶板连接,每个合金液分配器的合金液进口与一个储液箱连通,每个合金液分配器的合金液出口与分体结晶器内部连通;其特征在于:引锭的上方固定连接两个挡板,每个挡板的两端均与分体结晶器内壁连接,每个挡板上方分别与一个冷却板连接;每个冷却板均固定在热顶板上,并且每个冷却板的两端均与一个热顶板和分体结晶器内壁连接;两个冷却板将分体结晶器内部分为三个熔体腔,两个冷却板之间的熔体腔为芯材熔体腔,冷却板与大面水箱之间的熔体腔为表材熔体腔。

2. 根据权利要求1所述的一种铝合金复合铸锭的连铸装置,其特征在于所述的两个表材熔体腔内分别设有稳流板,稳流板的两端分别与一个热顶板和结晶器内壁连接,稳流板的底端高于、低于或等于大面水箱上沿,两者的高度差 $\leq 5\text{mm}$,稳流板的顶端高于合金液出口顶端;稳流板底端和引锭之间有间隙,间隙高度为 $40\sim 80\text{mm}$ 。

3. 根据权利要求1所述的一种铝合金复合铸锭的连铸装置,其特征在于所述的冷却板由正板、背板、正板隔热层和背板隔热层构成,正板和背板连接在一起,并且在正板和背板之间设有冷却板水腔、进水口和出水口,冷却板水腔通过进水口和出水口与外界连通;正板的侧面连接正板隔热层,正板的底面、背板的底面以及背板的侧面连接背板隔热层;正板隔热层高度为 $5\sim 20\text{mm}$,正板隔热层的底端高于正板的底端 $20\sim 50\text{mm}$;正板隔热层位于冷却板的芯材熔体腔一侧或者位于冷却板的表材熔体腔一侧。

4. 根据权利要求1所述的一种铝合金复合铸锭的连铸装置,其特征在于大面水箱的顶端高于侧面水箱的顶端或低于侧面水箱的顶端,两者的高度差为 $10\sim 50\text{mm}$ 。

5. 一种采用权利要求1所述的装置进行铝合金复合铸锭的连铸方法,其特征在于按以下步骤进行:

(1) 将待复合的两种合金分别熔炼,或者将待复合的合金和铝分别熔炼,然后精炼,将获得的两种合金液分别静置;两种合金液中,作为复合铸锭表材的合金液称为表材合金液,作为复合铸锭芯材的合金液称为芯材合金液;并且由熔点相对较高的合金制成的合金液称为高熔点合金液,由熔点相对较低的合金制成的合金液称为低熔点合金液;

当芯材合金液的固相线温度高于表材合金液的固相线温度时,分体结晶器的侧面水箱高度高于大面水箱的高度,并且正板隔热层位于冷却板的芯材熔体腔一侧;当芯材合金液的固相线温度低于表材合金液的固相线温度时,分体结晶器的侧面水箱高度低于大面水箱的高度,并且正板隔热层位于冷却板的表材熔体腔一侧;

(2) 向结晶器内壁上通入润滑油,向冷却板水腔内通入冷却水并保持水流动;在大面水箱和侧面水箱内通入冷却水并保持水流动;

(3) 当高熔点合金液的温度降至高于该合金的液相线温度 $40\sim 80^\circ\text{C}$,且低熔点合金液的温度降至高于该合金的液相线温度 $50\sim 80^\circ\text{C}$ 时;在芯材熔体腔内放置分流袋,在储液箱内放置浮漂分流盘;将芯材合金液导入芯材溜槽内,再从芯材溜槽经分流袋导入芯材熔体腔内;将表材合金液导入表材溜槽内,再从表材溜槽分别经两个浮漂分流盘导入到两个储液箱内,表材合金液经合金液分配器进入表材熔体腔;

(4) 当分体结晶器内芯材合金液的液面高度为 $110\sim 170\text{mm}$,表材合金液的液面高度为

100~130mm 时,启动引锭向下运行,开始复合铸锭的铸造;铸造时保持芯材熔体腔和表材熔体腔内的液面高度。

6. 根据权利要求 5 所述的铝合金复合铸锭的连铸方法,其特征在于当芯材合金液的固相线温度高于表材合金液的固相线温度时,芯材合金液进入芯材熔体腔后与冷却板的正板接触,在芯材熔体腔的正板一侧形成一层固态支撑层;当芯材合金液的固相线温度低于表材合金液的固相线温度时,表材合金液进入表材熔体腔后与冷却板的正板接触,在表材熔体腔的正板一侧形成一层固态支撑层。

一种铝合金复合铸锭的连铸方法及其装置

技术领域

[0001] 本发明属于铝合金铸造技术领域,特别涉及一种铝合金复合铸锭的连铸方法及其装置。

背景技术

[0002] 常规铝合金由于性能单一,不能很好满足如运载工具、结构、电子等工程方面的多种性能综合的要求,因此复合材料成为新材料研发的重点。层状复合材料由于成本低、综合性能高,是应用最广泛、生产量最大的复合材料,其中复合铝材具有高强度,同时又兼备耐蚀(装饰)、可焊、易成形等综合性能,是增长速度最快的复合材料,而复合板带材则是目前用量最多的复合材料。

[0003] 复合板带材的主要生产方法可以分成三类:一类为固相复合法,包括热轧复合、冷轧复合及爆炸复合法等,第二类为液固复合法,包括浇铸法、反向凝固法、铸轧法及钎焊法等,第三类为液态复合法,如连续浇铸法、双结晶器连铸法、及充芯连铸法等。传统的复合铝板带材的生产技术是轧制复合,将两种或多种铝合金在熔铸、均化、热轧成板坯后,表面处理,在高温,通过大压下率创造更多的新表面来实现复合,这种复合方法的主要缺点是:(1)由于表面氧化膜不能全部去除,所以复合界面处会有氧化膜,焊合不上的点,退火后会板带表面出现气泡等缺陷;(2)为使材料全面复合,通常轧制首道要采用大轧制变形率,所以易造成复合界面不平直,产生弯曲,波浪等缺陷;(3)这种方法复合需要芯材和表材都要熔铸、均匀化、轧制后再轧制复合,所以工序长,步骤复杂,能耗高、生产率低。

[0004] 为彻底解决上述问题,实现不同复合组元间的全面冶金结合,从而大幅度提高复合界面的结合强度,显著降低能耗和提高生产率,最佳的方法就是采用铸造复合。

[0005] 铸造复合的研究是金属材料成型领域的热点之一,目前的主要制备方法有电磁控制法、双结晶器法、充芯连铸法等;电磁控制法虽然可以在一定程度上抑制金属的流动,但是在复合材表层较厚时,由于在界面处的电磁场较弱,制动能力差,当熔体在水平方向的流速过高时,容易在不同合金的界面附近形成混合区域;双结晶器法需要两套结晶器,上下垂直布置,芯部金属与包覆金属分别浇注到上下两个结晶器中;先将芯部金属浇入上结晶器中,芯部金属在上结晶器中形成一定厚度的凝固坯壳,在下拉过程中,芯部铸坯进入到下结晶器时,浇注外层包覆金属液,借助金属液的热量使芯部坯表面部分熔化,通过元素的相互扩散形成一定厚度的中间结合层,这样,外层和芯部金属结合成一个整体;该方法工艺过程复杂,不易实现工业应用,特别是由于芯部金属已经凝固成固态且凝固坯壳在空气中容易氧化,从而影响复合界面的结合状况;充芯连铸法的芯部熔体采用导流管进入结晶器,此前无冷却过程,极易造成熔体的混合,导致复合失败。

[0006] 诺威利斯公司申请了用于铸造复合锭的方法的专利(专利号 200480023704),该方法主要是高熔点的合金在冷却板上形成一个自支撑层,自支撑层的温度为该合金的液相线温度和液相线温度之间,离开水冷板后,低熔点的合金与高熔点合金在自支撑层接触,形成结合,铸造成复合锭坯。实践表明,由于自支撑层的温度是在固相线温度和液相线温度

之间,该自支撑层不能有足够的强度来防止低熔点合金接触时的冲击,因此自支撑层很容易被冲破,形成两种合金的混合;同时由于低熔点合金为液相、高熔点合金的支撑层温度在液相线温度和固相线温度之间,两者接触时即使支撑面不破坏,也会产生强烈的互扩散,在界面形成较厚的扩散层,这种扩散层虽然是冶金结合,但是在某些复合的两种合金界面易形成较厚的脆性层,这种脆性层在锭坯加工成较薄的产品时,会对使用性能产生危害,如4041/3004/4041 钎焊复合箔。

[0007] 申请号为200910187947.7的中国专利申请提出了一种稳恒磁场作用下铝合金低过热度复合铸造的方法及装置,采用冷却板将芯材和表材分开,熔点高的合金浇注温度高于该合金熔点 $15\sim 30^{\circ}\text{C}$,即实现低过热,使高熔点的合金迅速在冷却板上形成稳定的、具有一定强度的支撑面,即形成一定厚度的半固态,然后将低熔点温度的合金浇入,在支撑面与高熔点的合金结合,然后一起凝固,形成冶金结合;同时为保证复合界面的稳定、平直,施加直流静磁场,利用静磁场的电磁制动效果,抑制界面处的熔体流动。

[0008] 该方法可以生产出质量较好的复合铸锭;但是由于液面控制环节太多,操作复杂,配合较困难,同时液面尤其是表材的液面控制困难,所以表材的液面容易上到冷却板的金属板,而形成虚焊;同时由于采用的是铝结晶器,在冷却板与结晶器壁接触部分的冷却强度高于接触板的其他部分,则在冷却板与结晶器壁形成的三角区的温度低,易形成低温的凝固层,所以此区域的结合强度低。

发明内容

[0009] 针对现有铝合金铸锭制备技术上的问题,本发明提供一种铝合金复合铸锭的连铸方法及其装置。

[0010] 本发明的铝合金复合铸锭的连铸装置包括分体结晶器、合金液分配器、热顶板和引锭,分体结晶器由两个大面水箱和两个侧面水箱构成,每个大面水箱上方连接一个合金液分配器,每个侧面水箱上方连接一个热顶板,引锭位于分体结晶器底部,合金液分配器的两端分别与一个热顶板连接,每个合金液分配器的合金液进口与一个储液箱连通,每个合金液分配器的合金液出口与分体结晶器内部连通;其中引锭的上方固定连接两个挡板,每个挡板的两端均与分体结晶器内壁连接,每个挡板上方分别与一个冷却板连接;每个冷却板均固定在热顶板上,并且每个冷却板的两端均与一个热顶板和分体结晶器内壁连接;两个冷却板将分体结晶器内部分为三个熔体腔,两个冷却板之间的熔体腔为芯材熔体腔,冷却板与大面水箱之间的熔体腔为表材熔体腔。

[0011] 上述装置中,两个表材熔体腔内分别设有稳流板,稳流板的两端分别与一个热顶板和结晶器内壁连接,稳流板的底端高于、低于或等于大面水箱上沿,两者的高度差 $\leq 5\text{mm}$,稳流板的顶端高于合金液出口顶端;稳流板底端和引锭之间有间隙,间隙高度为 $40\sim 80\text{mm}$ 。

[0012] 上述装置中,合金液分配器包括上盖和底板,上盖和底板之间设有合金液通道、合金液进口和合金液出口,合金液通道内设有2个以上的挡块,每个挡块的顶端和底端分别与上盖和底板连接。

[0013] 上述装置中,冷却板由正板、背板、正板隔热层和背板隔热层构成,正板和背板连接在一起,并且在正板和背板之间设有冷却板水腔、进水口和出水口,冷却板水腔通过进水口和出水口与外界连通;正板的侧面连接正板隔热层,正板的底面、背板的底面以及背

板的侧面连接背板隔热层；正板隔热层高度为 5~20mm，正板隔热层的底端高于正板的底端 20~50mm；正板隔热层位于冷却板的芯材熔体腔一侧或者位于冷却板的表材熔体腔一侧。

[0014] 上述的正板选用铜板，背板选用不锈钢板，正板隔热板选用硅酸钙板或中耐一号板，背板隔热板选用硅酸钙板或中耐一号板。

[0015] 上述的分体结晶器中，大面水箱的顶端高于侧面水箱的顶端或低于侧面水箱的顶端，两者的高度差为 10~50mm。

[0016] 上述装置中，热顶板的材质为中耐一号板，高度为 150~200mm，合金液分配器的高度为 150~200mm。

[0017] 上述装置中，冷却板的正板底端低于大面水箱上沿 5~20mm。

[0018] 上述装置中，分体结晶器的内壁材质为 6061 铝合金、6063 铝合金或铜；合金液分配器的一端向分体结晶器内部延伸，延伸一端与分体结晶器内壁的距离为 2~5mm；热顶板的一端向分体结晶器内部延伸，延伸一段与分体结晶器内壁的距离为 2~5mm。

[0019] 上述的挡板横截面为倒置的楔形，挡板的下端固定在引锭的挡板槽内。

[0020] 本发明的铝合金复合铸锭的连铸方法按以下步骤进行：

1、将待复合的两种合金分别熔炼，或者将待复合的合金和铝分别熔炼，然后精炼，将获得的两种合金液分别静置；两种合金液中，作为复合铸锭表材的合金液称为表材合金液，作为复合铸锭芯材的合金液称为芯材合金液；并且由熔点相对较高的合金制成的合金液称为高熔点合金液，由熔点相对较低的合金制成的合金液称为低熔点合金液；

当芯材合金液的固相线温度高于表材合金液的固相线温度时，分体结晶器的侧面水箱高度高于大面水箱的高度，并且正板隔热层位于冷却板的芯材熔体腔一侧；当芯材合金液的固相线温度低于表材合金液的固相线温度时，分体结晶器的侧面水箱高度低于大面水箱的高度，并且正板隔热层位于冷却板的表材熔体腔一侧；

2、向结晶器内壁上通入润滑油，向冷却板水腔内通入冷却水并保持水流动；在大面水箱和侧面水箱内通入冷却水并保持水流动；

3、当高熔点合金液的温度降至高于该合金的液相线温度 40~80℃，且低熔点合金液的温度降至高于该合金的液相线温度 50~80℃时；在芯材熔体腔内放置分流袋，在储液箱内放置浮漂分流盘；将芯材合金液导入芯材溜槽内，再从芯材溜槽经分流袋导入芯材熔体腔内；将表材合金液导入表材溜槽内，在从表材溜槽分别经两个浮漂分流盘导入到两个储液箱内，表材合金液经合金液分配器进入表材熔体腔；

4、当分体结晶器内芯材合金液的液面高度为 110~170mm，表材合金液的液面高度为 100~130mm 时，启动引锭向下运行，开始复合铸锭的铸造；铸造时保持芯材熔体腔和表材熔体腔内的液面高度。

[0021] 上述方法在铸造过程中，当其中一个熔体腔内的液面出现下降时，表明该熔体腔与其他熔体腔连通，此时停止铸造；当其中一个熔体腔内的液面出现上升时，表面铸锭没有下降，此时停止铸造。

[0022] 上述方法中，当铸锭铸造到预定长度后，如果复合铸锭的表材部分厚度大于芯材部分，先停止浇注表材合金液，再停止浇注芯材合金液；当复合铸锭的表材部分厚度小于芯材部分时，先停止浇注芯材合金液，再停止浇注表材合金液；当复合铸锭的表材部分和芯材部分厚度相等时，同时停止浇注两种合金液。

[0023] 上述方法中,由熔点相对较高的合金制成高熔点合金液时,熔炼和精炼的温度高于该合金的液相线温度 $70\sim 150^{\circ}\text{C}$,由熔点相对较低的合金制成低熔点合金液时,熔炼和精炼的温度高于该合金的液相线温度 $50\sim 120^{\circ}\text{C}$ 。

[0024] 上述方法中,当芯材合金液的固相线温度高于表材合金液的固相线温度时,芯材合金液进入芯材熔体腔后与冷却板的正板接触,在芯材熔体腔的正板一侧形成一层固态支撑层,固态支撑层的温度比芯材合金液固相线温度低 $50\sim 80^{\circ}\text{C}$;当芯材合金液的固相线温度低于表材合金液的固相线温度时,表材合金液进入表材熔体腔后与冷却板的正板接触,在表材熔体腔的正板一侧形成一层固态支撑层,固态支撑层的温度比表材合金液固相线温度低 $50\sim 80^{\circ}\text{C}$ 。

[0025] 本发明具有以下优点:(1)采用冷却板设置在芯材合金液和表材合金液之间,并通入冷却水降温,降低了支撑层的温度,即支撑层可以冷却到固态,具有足够的强度,所以铸造工艺容易实现和控制;在铸造过程中,当固态支撑层脱离冷却板后,低熔点合金液就在固态支撑层上充分浸润;(2)采用了合金液分配器和稳流板装置,所以表材合金液供流平稳均匀,进入结晶器的表材合金液温度均匀,能够保证铸锭的复合界面平直、洁净,无气孔疏松和杂质;(3)考虑到芯材合金液和表材合金液的结晶温度不同,采用了分体结晶器,接触高熔点合金液的侧面高于接触低熔点合金液的侧面,使两种合金液结晶同步;(4)设置的热顶板避免了两种合金中冷却板与结晶器壁附近快速冷却,导致侧边不能良好润湿,进而导致侧面铣面量大的问题;同时能够确保平行冷却板方向的合金液温度均匀,使表材合金与芯材合金良好结合,显著提高铸锭的成材率。

[0026] 研究表明,低熔点合金在高熔点合金的支撑层上润湿,是芯材合金与表材合金实现冶金结合的必要条件;而在高熔点合金自支撑层温度低于固相线温度时(即凝固后),在相当宽的温度区间,只要自支撑面不氧化、低熔点合金的熔体温度高于液相线温度,仍然可以在固态的支撑层上润湿,且可以使支撑层表面一小层回熔,通过界面扩散,实现良好的冶金结合。本发明在此基础上,考虑了与冷却板接触的高熔点合金沿水平方向温度均匀等制备高质量的复合铸锭的必要条件,设计了上述铝合金复合铸锭的连铸及方法。

[0027] 为确保表材合金液能充分润湿芯材的支撑面,以保证两种合金形成良好的冶金结合。一定要保证低熔点的合金液面要高于冷却板下沿。即保证高熔点合金形成支撑面后不与空气接触而氧化,支撑面一低于冷却板下沿就与低熔点合金液接触,为此,通过正板隔热板防止低熔点合金液过早冷却导致温度大幅度降低的问题。

[0028] 本发明的方法浇铸前在结晶器壁上部施加润滑油,或者在结晶器内壁上镶嵌石墨板,或者在镶嵌石墨板的同时施加润滑油,以提高铸件的表面质量;采用分流袋和浮漂分流盘能够控制合金液的高度和流动时的平稳;设置稳流板和挡块能够降低表材合金液的对固态支撑层的冲击,取得比施加静磁场更好的稳流效果。

[0029] 本发明能够确保表材合金液流动均匀,液面稳定,温度均匀,同时采用热顶连铸的方法,冷却板不与结晶器壁接触,消除高冷却强度的三角区,确保冷却板下形成的支撑面沿冷却板水平方向温度均匀,确保复合面的全面冶金结合。

附图说明

[0030] 图1为本发明实施例1中的铝合金复合铸锭的连铸装置结构示意图;

图 2 为图 1 的 A-A 面剖图；

图 3 为图 1 的 B-B 面剖图；

图 4 为本发明实施例 1 中的分体结晶器结构示意图；

图 5 为图 4 的俯视图；

图 6 为本发明实施例 1 中的合金液分配器结构示意图；

图 7 为图 5 的 C-C 面剖图；

图 8 为本发明实施例 1 中的冷却板结构示意图；

图 9 为图 7 中的冷却板侧视局部结构示意图；

图中 1、大面水箱,2、侧部水箱,3、合金液分配器,3-1、上盖,3-2、底板,3-3、挡块,3-4、合金液进口,3-5、合金液出口,4、热顶板,5、储液箱,6、冷却板,6-1、背板隔热层,6-2、背板,6-3、正板,6-4、正板隔热层,6-5、冷却板水腔,6-6、进水口,7、侧面水腔,8、大面水腔,9、稳流板,10、浮漂分流盘,11、表材导管,12、分流袋,13、芯材导管,14、引锭,15、挡板,16、芯材合金液,17、表材合金液,a、第一测温点,b、第二测温点,c、第三测温点,d、第四测温点,e、第五测温点；

图 10 为本发明实施例 1 中铸造的 4045/3004/4045 合金复合铸锭截面宏观形貌图；

图 11 为本发明实施例 1 中铸造的 4045/3004/4045 合金复合铸锭的局部微观组织图；

图 12 为本发明实施例 1 中铸造的 4045/3004/4045 合金复合铸锭界面处部分元素分布比例示意图；

图 13 为本发明实施例 2 中铸造的纯 Al/7075/ 纯 Al 合金复合铸锭截面宏观形貌图；

图 14 为本发明实施例 2 中铸造的纯 Al/7075/ 纯 Al 合金复合铸锭的微观组织图；

图 15 为本发明实施例 2 中铸造的纯 Al/7075/ 纯 Al 合金复合铸锭的界面处部分元素分布比例示意图。

具体实施方式

[0031] 本发明方法实施例中铸造速度为 50~70mm/min。

[0032] 本发明方法实施例中冷却板内冷却水量为 10~30L/min。

[0033] 本发明实施例中正板隔热层和背板隔热层的厚度为 3~8mm。

[0034] 本发明方法实施例中采用的 2 号溶剂为铝合金精炼常用溶剂,市购产品。

[0035] 本发明方法实施例中 3004 合金的固相线为 629℃,4045 合金的固相线为 575℃,纯铝(1015)的固相线为 646℃,7075 合金的固相线为 477℃。

[0036] 实施例 1

铝合金复合铸锭的连铸装置结构如图 1 所示,A-A 面剖图结构如图 2 所示,B-B 面剖图结构如图 3 所示,包括分体结晶器、合金液分配器 3、热顶板 4 和引锭 14；

分体结晶器结构如图 4 和图 5 所示,由两个大面水箱 1 和两个侧面水箱 2 构成；

铝合金复合铸锭的连铸装置中,每个大面水箱 1 上方连接一个合金液分配器 3,每个侧面水箱 2 上方连接一个热顶板 4,引锭 14 位于分体结晶器底部,每个热顶板 4 下表面同时连接一个侧面水箱 2 和两个大面水箱 1 连接；每个合金液分配器 3 的两端分别与一个热顶板 4 连接；

合金液分配器 3 的结构如图 6 和图 7 所示,包括上盖 3-1 和底板 3-2,上盖 3-1 和底板

3-2 之间设有合金液通道、两个合金液进口 3-4 和一个合金液出口 3-2, 合金液通道内设有 2 个以上的挡块 3-3, 每个挡块 3-3 的顶端和底端分别与上盖 3-1 和底板 3-2 连接;

每个合金液分配器 3 的合金液进口与一个储液箱 5 内部连通, 每个合金液分配器 3 的合金液出口与分体结晶器内部连通;

引锭 14 的上方固定连接两个平行的挡板 15, 每个挡板 15 的两端均与分体结晶器内壁连接, 每个挡板 15 上方分别与一个冷却板 6 连接; 每个冷却板 6 均固定在热顶板 4 上, 并且每个冷却板 6 的两端均与一个热顶板 4 和分体结晶器内壁连接; 两个冷却板 6 将分体结晶器内部分成三个熔体腔, 两个冷却板 6 之间的熔体腔为芯材熔体腔, 冷却板 6 与大面水箱 1 之间的熔体腔为表材熔体腔;

两个表材熔体腔内分别设有一个稳流板 9, 稳流板 9 的两端分别与一个热顶板 4 和结晶器内壁连接, 稳流板 9 的底端高于大面水箱 1 上沿, 两者的高度差 4mm, 稳流板 9 的顶端高于合金液出口 3-2 顶端; 稳流板 9 底端和引锭 14 之间有间隙, 间隙高度为 60mm;

冷却板 6 结构如图 8 和图 9 所示, 由正板 6-3、背板 6-2、正板隔热层 6-4 和背板隔热层 6-1 构成, 正板 6-3 和背板 6-2 连接在一起, 并且在正板 6-3 和背板 6-2 之间设有冷却板水腔 6-5、进水口 6-6 和出水口, 冷却板水腔 6-5 通过进水口 6-6 和出水口与外界连通; 正板 6-3 的侧面连接正板隔热层 6-4, 正板 6-3 的底面、背板 6-2 的底面以及背板 6-2 的侧面连接背板隔热层 6-1; 正板隔热层 6-4 高度为 5~20mm, 正板隔热层 6-4 的底端高于正板 6-3 的底端 20~50mm; 正板隔热层 6-4 位于冷却板 6 的芯材熔体腔一侧;

正板材质为铜板, 背板材质为不锈钢板, 正板隔热板为硅酸钙板或中耐一号板, 背板隔热板为硅酸钙板或中耐一号板;

分体结晶器的大面水箱 1 的顶端低于侧面水箱 2 的顶端, 两者的高度差为 30mm;

热顶板的材质为中耐一号板, 高度为 170mm, 合金液分配器的高度为 200mm;

冷却板的正板底端低于大面水箱上沿 10mm

分体结晶器的内壁材质为 6061 铝合金;

合金液分配器 3 的一端向分体结晶器内部延伸, 延伸一端与分体结晶器内壁的水平距离为 2mm; 热顶板 4 的一端向分体结晶器内部延伸, 延伸一段与分体结晶器内壁的水平距离为 2mm;

挡板 15 横截面为倒置的楔形, 挡板 15 的下端固定在引锭 14 的挡板槽内;

每个表材熔体腔中, 冷却板与合金液分配器下方的结晶器内壁部分的距离为 100mm, 两个冷却板之间的距离为 320mm;

采用上述装置连铸制备 4045/3004/4045 合金复合铸锭, 3004 合金作为芯材合金, 4045 合金作为表材合金;

将 3004 合金和 4045 合金分别熔炼, 3004 合金为高熔点合金, 4045 合金为低熔点合金, 3004 合金的熔炼温度高于 3004 合金的液相线 100~150℃, 4045 合金的熔炼温度高于 4045 合金液相线 100~120℃;

然后两种合金在与熔炼同样的温度下加入 2 号溶剂进行精炼, 静置后经旋转喷嘴出气和陶瓷过滤片过滤后, 将 3004 合金液(芯材合金液)和 4045 合金液(表材合金液)分别置于芯材溜槽和表材溜槽内;

向结晶器内壁上通入润滑油; 向冷却板内的水腔通入常温水, 并保持水流动; 在大面

水箱和侧面水箱内的大面水腔和侧面水腔中通入冷却水并保持水流动；

3004 合金液的温度为 $690\sim 700^{\circ}\text{C}$ 时,且 4045 合金液的温度为 $700\sim 710^{\circ}\text{C}$ 时,开始浇铸,在芯材熔体腔内放置分流袋 12,在储液箱 5 内放置浮漂分流盘 10;将芯材合金液导入芯材溜槽内,再从芯材溜槽经芯材导管 13 和分流袋 12 导入芯材熔体腔内;将表材合金液导入表材溜槽内,再从表材溜槽分别经两个表材导管 11 和两个浮漂分流盘 10 导入到两个储液箱 5 内,表材合金液经合金液分配器进入表材熔体腔;

当表材合金液和芯材合金液的液面高度为 $110\text{mm}\sim 130\text{mm}$ 时,启动引锭进行连铸制备复合铸锭;启动引锭向下运行,开始复合铸锭的铸造;铸造时通过常规的液位控制装置控制表材导管和芯材导管的高度,保持芯材熔体腔和表材熔体腔内的液面高度;

芯材合金液进入芯材熔体腔后与冷却板的正板接触,在芯材熔体腔的正板一侧形成一层固态支撑层;支撑层厚度判断方法如图 8 所示:在正板附近的芯材合金液面上选择 5 个测温点(a、b、c、d、e),5 个测温点位于正板上某一点到结晶器轴线的垂线上,5 个测温点与正板的距离分别为 2mm,4mm,6mm,8mm,10mm;进行连铸时,测温点随铸锭一起向下运动,当测温点的水平高度与冷却板下沿平齐时,获取各测温点温度,如果此时 a 点温度在液相线温度以下,而 b 点温度在液相线温度以下,判断支撑层厚度为 $2\sim 4\text{mm}$ 之间;同理如果此时 d 点温度在液相线温度以下,而 e 点温度在液相线温度以上,判断支撑层厚度为 $8\sim 10\text{mm}$ 之间;通过上述方法调整测温点与正板之间的距离,同时进行测量能够精确测量支撑层的厚度;经多次试验上述固态支撑层的厚度在 $5\sim 8\text{mm}$;

连铸完成后,先停止浇铸表材合金液,然后停止浇铸芯材合金液;

制成的铸锭尺寸为 $520\times 800\times 1500\text{mm}$,其中两边的 4045 合金的厚度为 100mm,中间的 3004 合金的厚度为 320mm;铸锭截面宏观形貌如图 10 所示,复合界面处的微观组织如图 11 所示,复合界面处的部分元素成分分布比例如图 12 所示;由图可见两种合金的复合界面平直稳定,界面处无氧化和夹杂,结合良好,元素在界面处有一个扩散区,界面为冶金结合,重复进行多次试验获得的铸锭测量界面处的剪切强度在 $62\sim 70\text{Mpa}$ (铸态 3004 合金的剪切强度为 110Mpa ,铸态 4045 合金的剪切强度为 67Mpa),界面已有足够的强度。

[0037] 实施例 2

铝合金复合铸锭的连铸装置结构同实施例 1,不同点在于:(1)大面水箱的顶端高于侧面水箱的顶端,两者的高度差为 30mm;(2)热顶板的材质为硅酸钙板,高度为 180mm,合金液分配器的高度为 150mm;(3)冷却板正板底端低于大面水箱上沿 20mm;正板隔热层位于冷却板的表材熔体腔一侧;(4)分体结晶器的内壁材质为铜;(5)合金液分配器的一端向分体结晶器内部延伸,延伸一端与分体结晶器内壁的距离为 5mm;热顶板的一端向分体结晶器内部延伸,延伸一段与分体结晶器内壁的距离为 5mm;(6)每个表材熔体腔中,冷却板与合金液分配器下方的结晶器内壁部分的距离为 30mm,两个冷却板之间的距离为 460mm;(7)稳流板 9 的底端低于大面水箱 1 上沿,两者的高度差 3mm;(8)稳流板 9 底端和引锭 14 之间有间隙,间隙高度为 80mm;

采用上述装置连铸制备铝 /7075/ 铝合金复合铸锭,7075 合金作为芯材合金,铝作为表材合金,将 7075 合金和铝分别熔炼,7075 合金的熔炼温度高于 7075 合金的液相线 $110\sim 150^{\circ}\text{C}$,铝的熔炼温度高于铝液相线 $100\sim 120^{\circ}\text{C}$;然后两种合金在与熔炼同样的温度下加入 2 号溶剂进行精炼,静置后经旋转喷嘴出气和陶瓷过滤片过滤后,将 7075 合金液(芯材

合金液)和铝液(表材合金液)分别置于芯材溜槽和表材溜槽内;

铝液的温度为 $690\sim 700^{\circ}\text{C}$ 时,且7075合金液的温度为 $720\sim 730^{\circ}\text{C}$ 时,当表材合金液和芯材合金液的液面高度为 $150\text{mm}\sim 170\text{mm}$ 时,启动引锭进行连铸制备复合铸锭,方法同实施例1,不同点在于:(1)连铸完成后,先停止浇铸芯材合金液,然后停止浇铸表材合金液;(2)固态支撑层厚度为 $6\sim 10\text{mm}$;

制成的铸锭尺寸为 $520\times 800\times 1500\text{mm}$,其中两边的纯铝的厚度为 30mm ,中间的7075合金的厚度为 460mm ;铸锭横截面上取厚度为 30mm 左右的试片,经抛光后如图13所示,两种合金的复合界面处的微观组织如图14所示,复合界面处的部分元素成分分布比例如图15所示;由图可见两种合金的复合界面平直稳定,界面处无氧化和夹杂,结合良好,元素在界面有一个扩散区,界面为冶金结合,测量界面处的剪切强度为 $51\sim 67\text{Mpa}$ (铸态铝的剪切强度为 $50\sim 60\text{Mpa}$,铸态7075合金的剪切强度为 $50\sim 60\text{Mpa}$)。

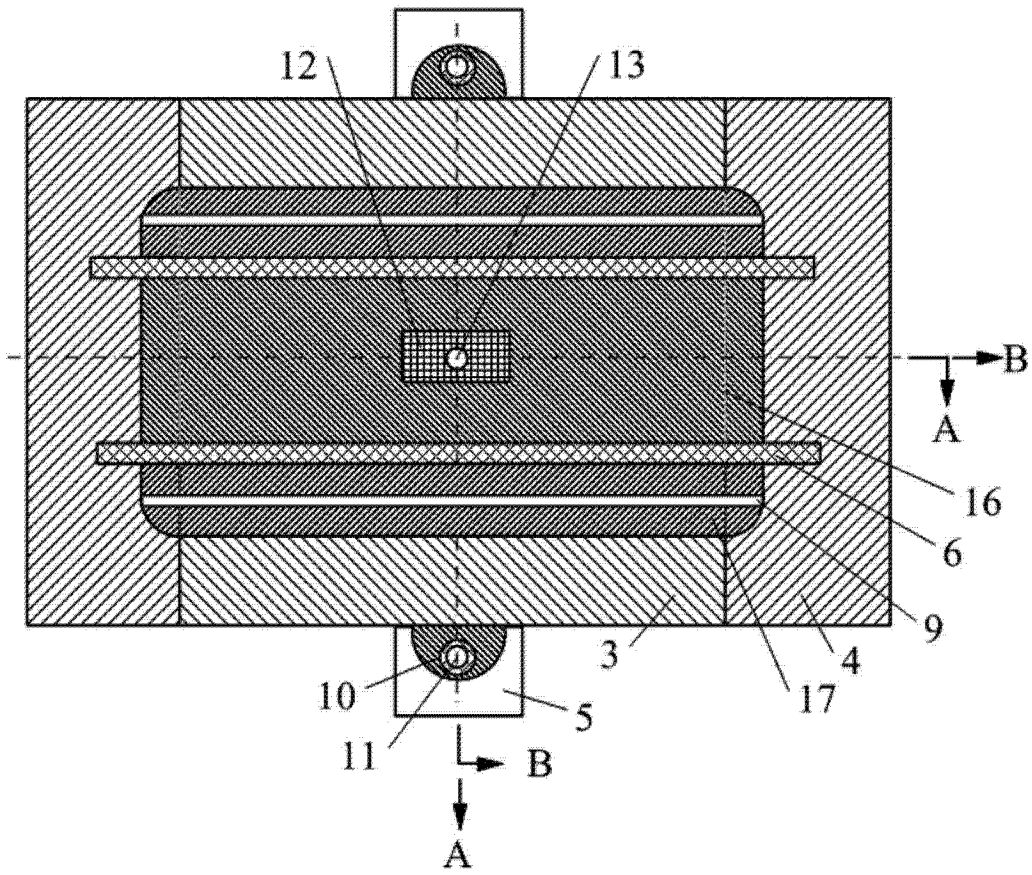


图 1

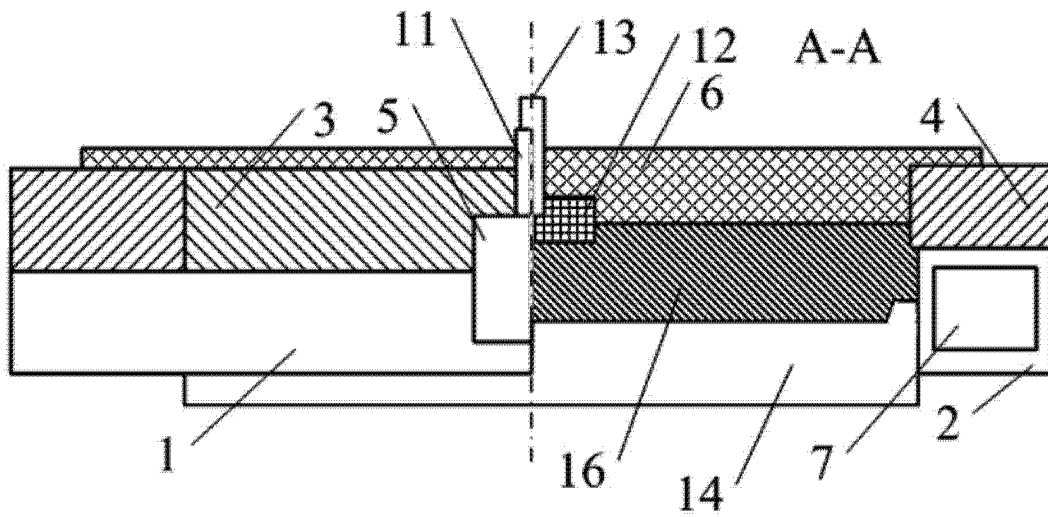


图 2

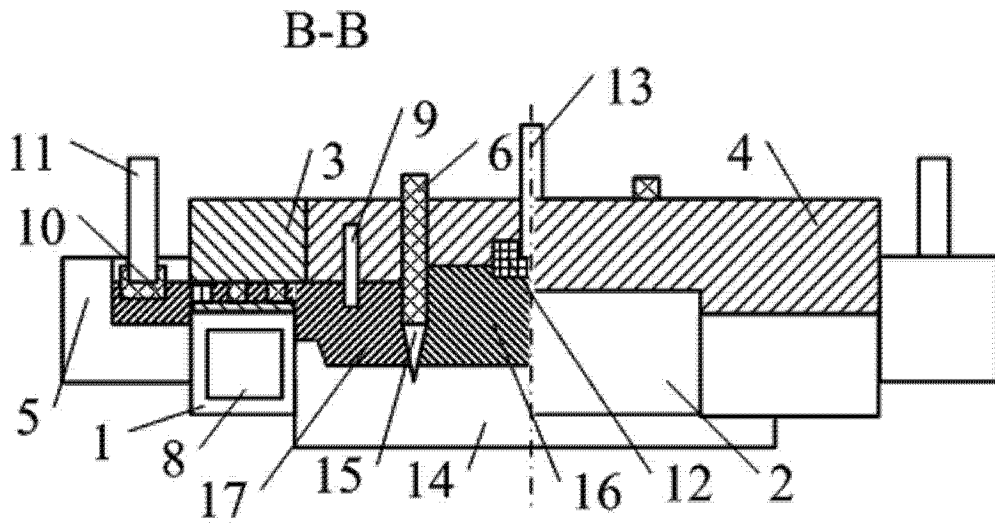


图 3

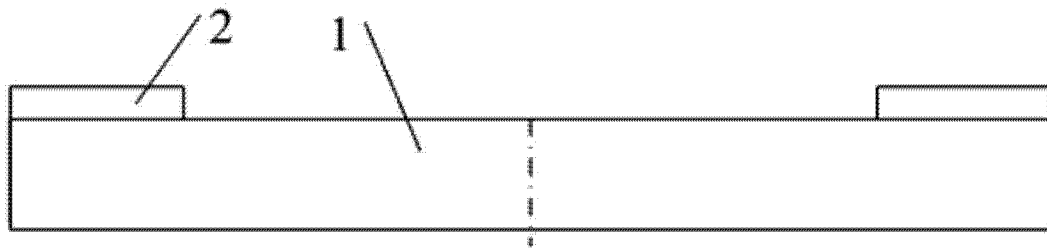


图 4

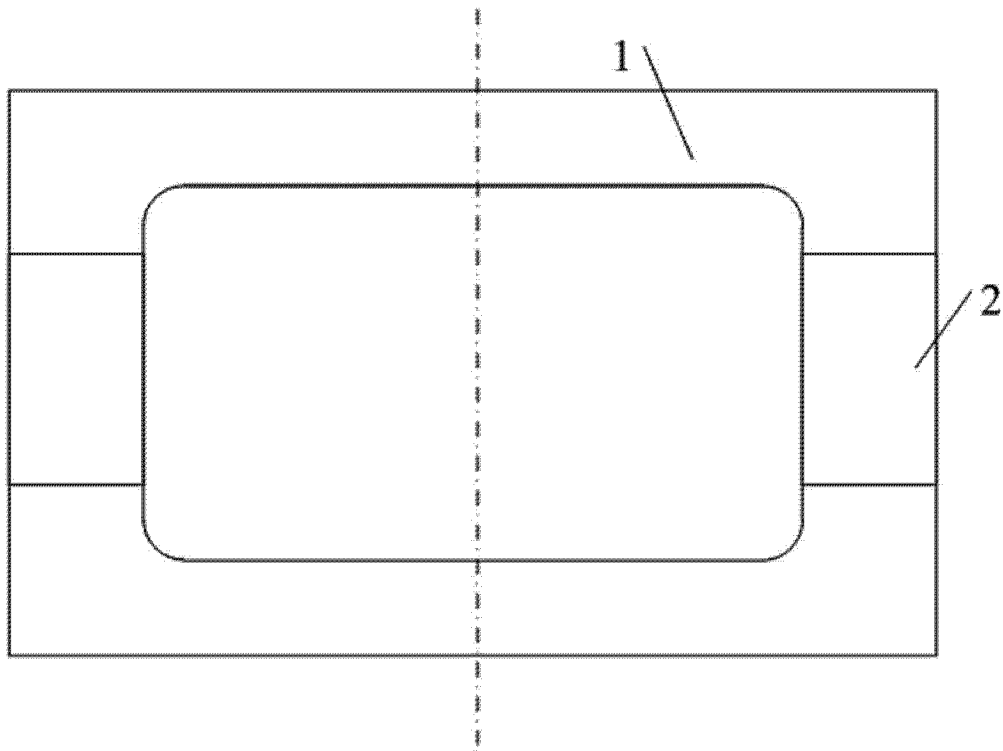


图 5

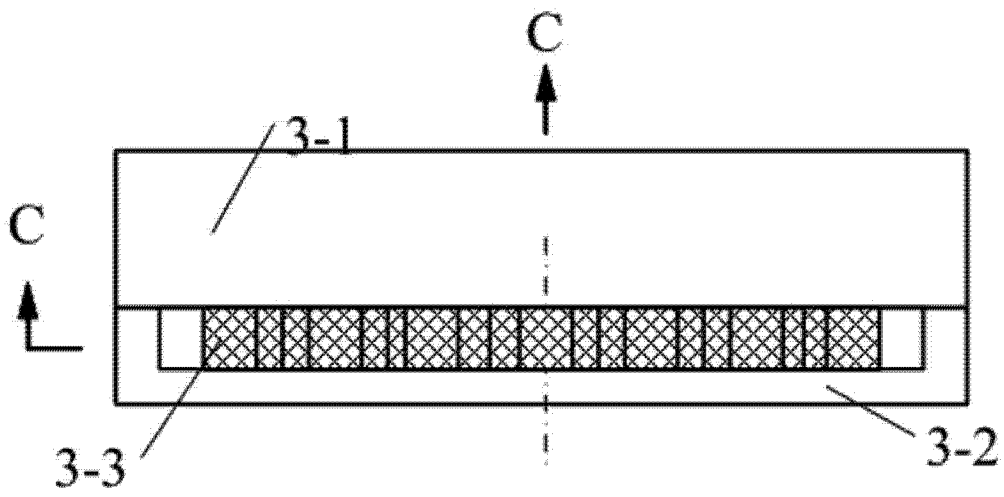


图 6

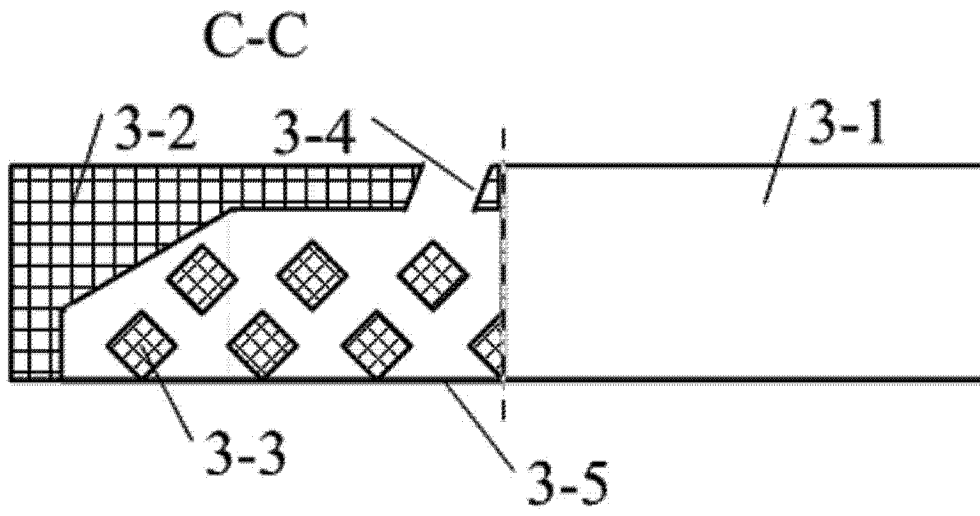


图 7

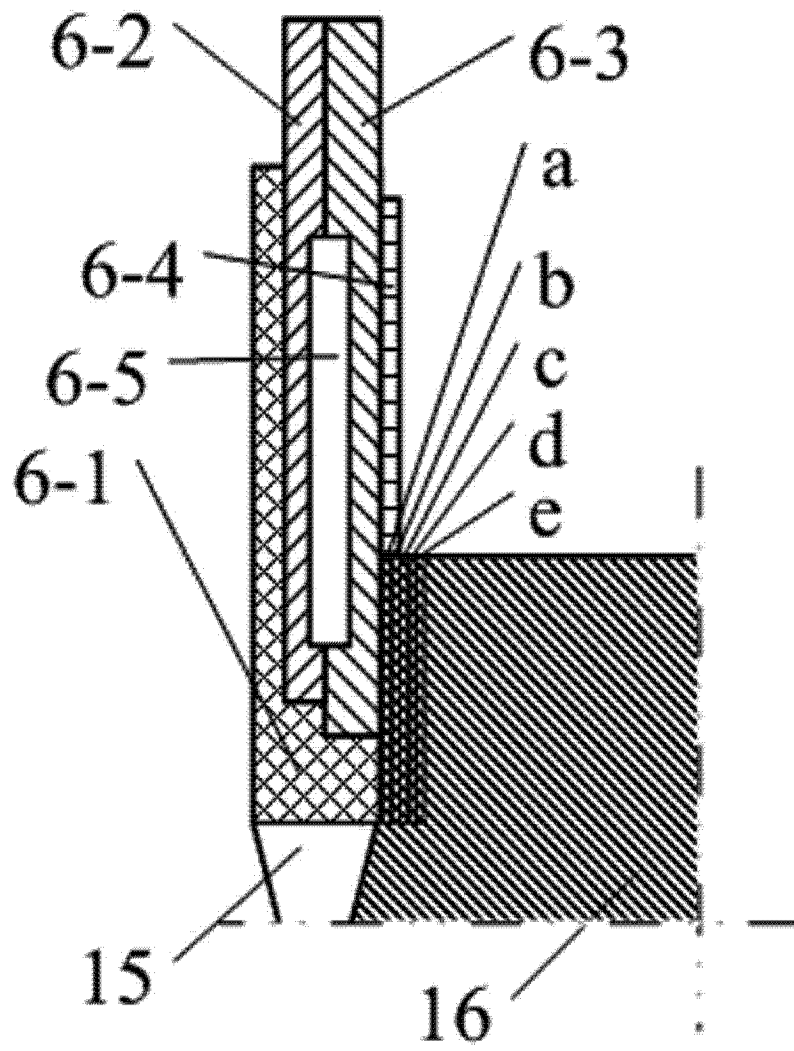


图 8

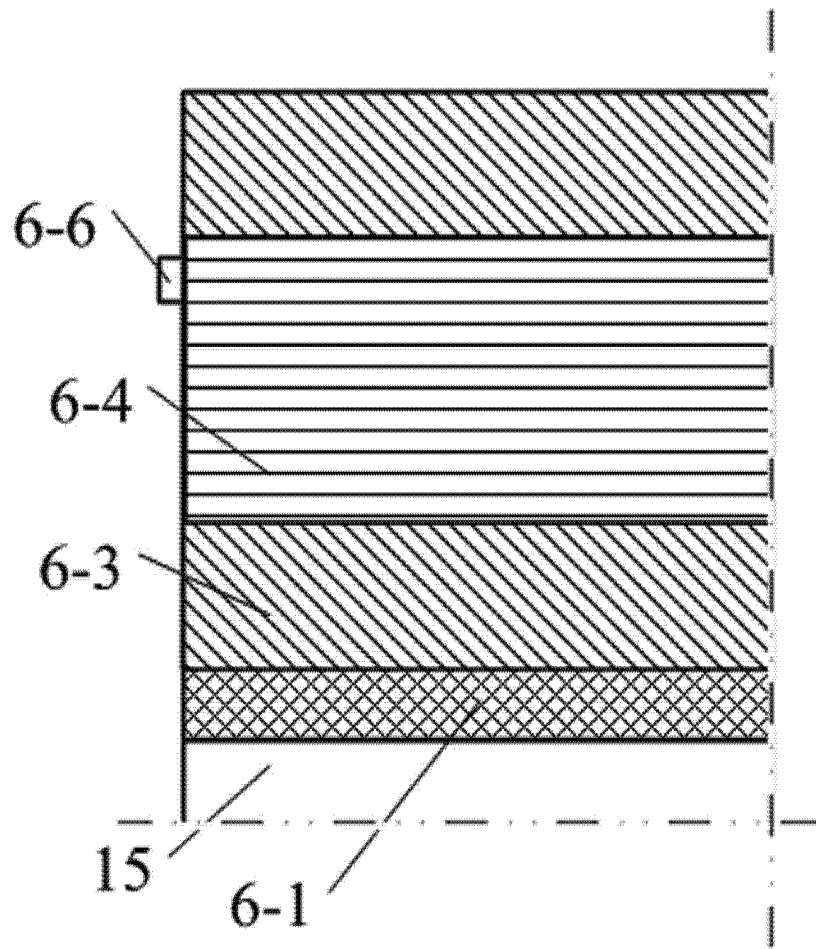


图 9



图 10

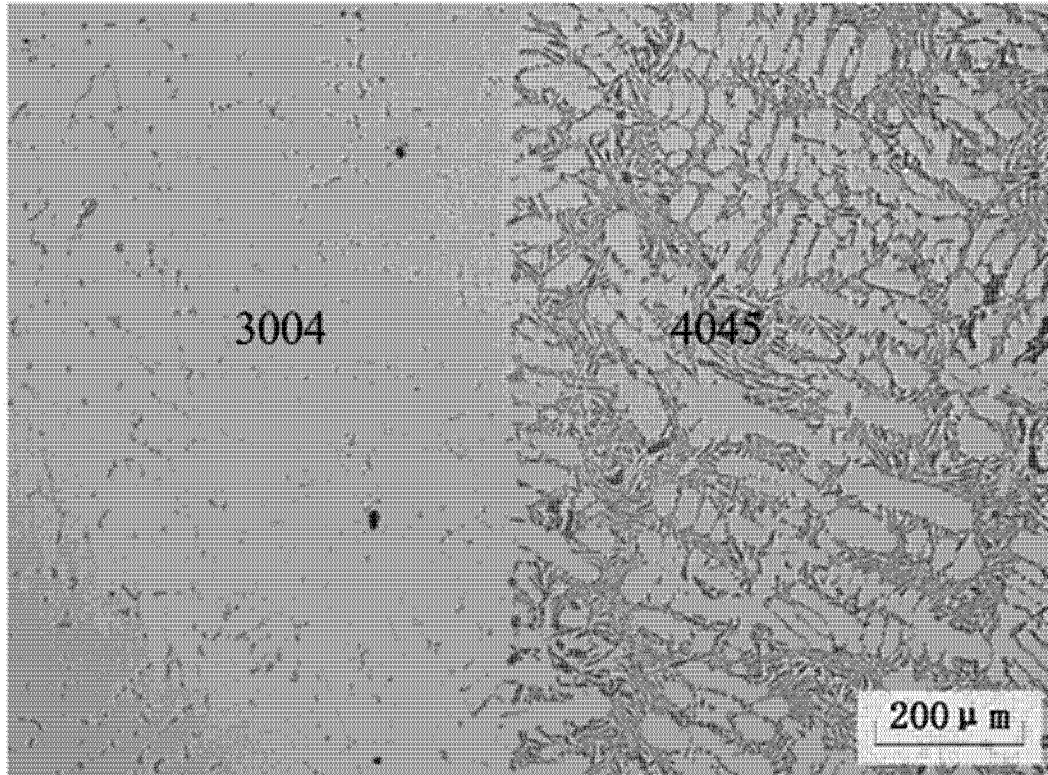


图 11

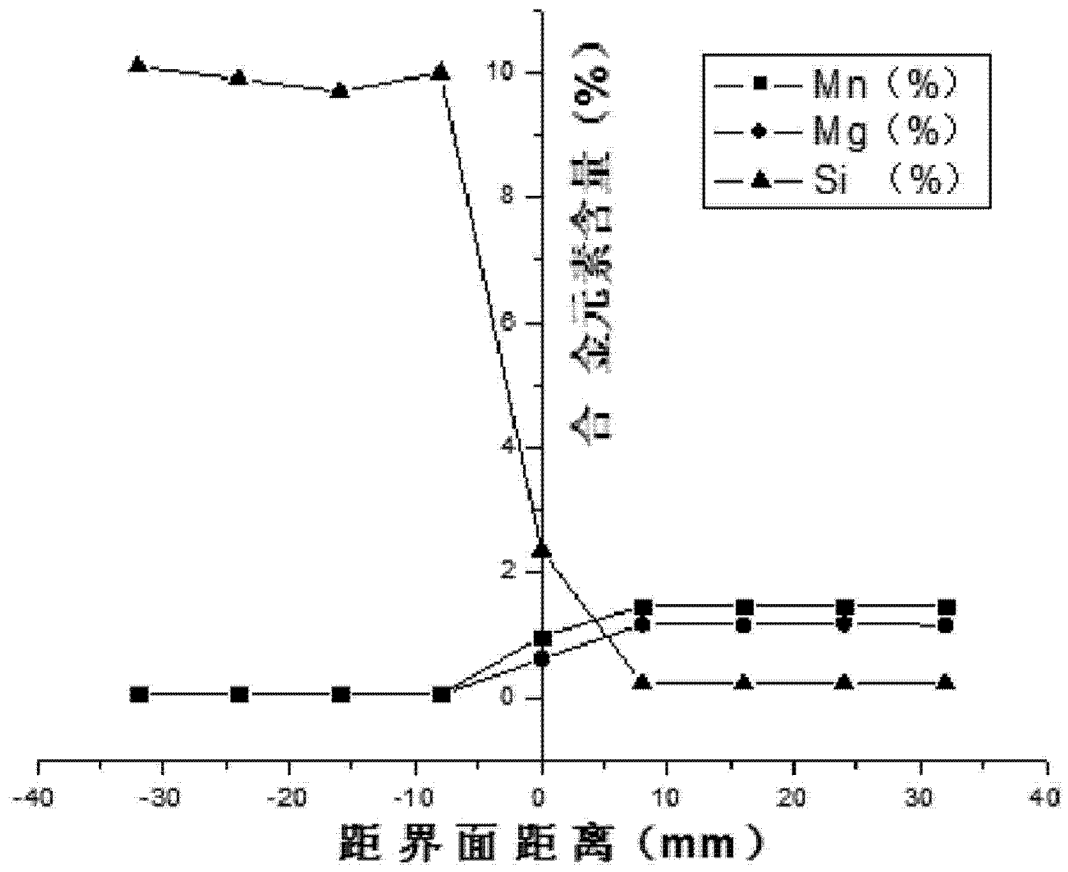


图 12

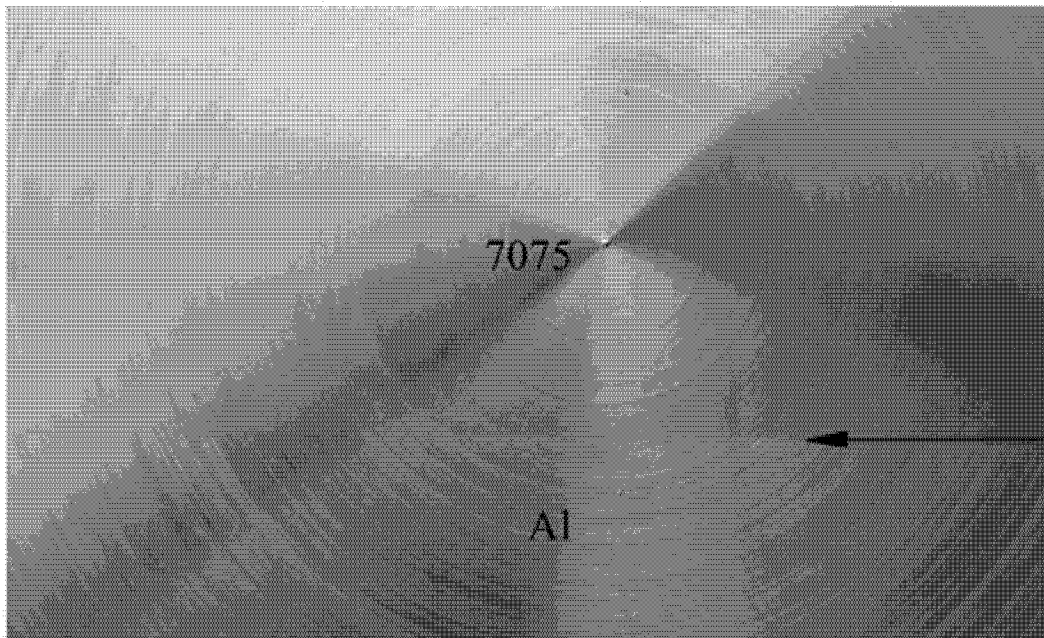


图 13

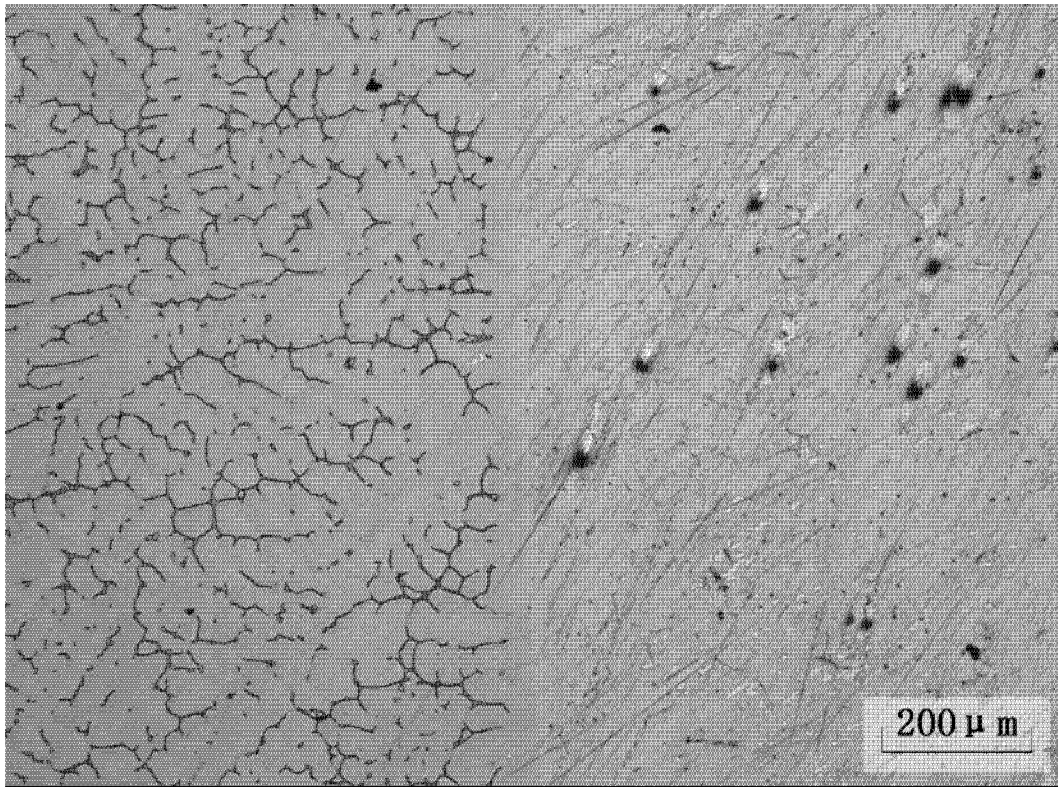


图 14

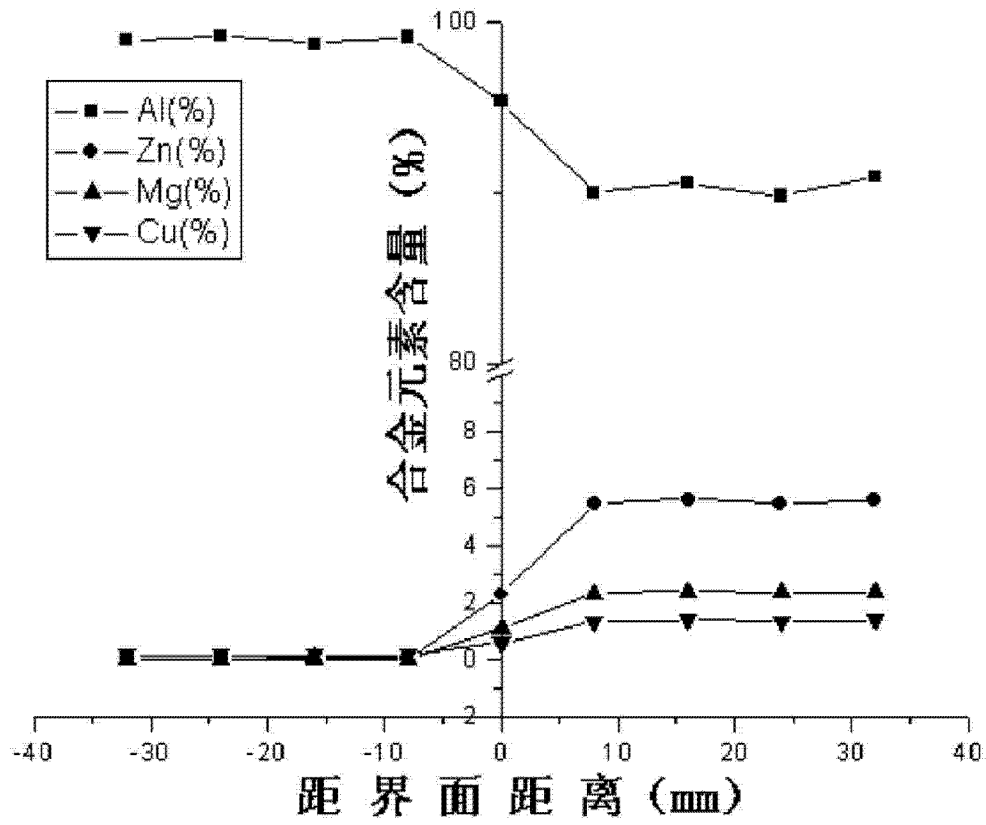


图 15