



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116275679 A

(43) 申请公布日 2023.06.23

(21) 申请号 202310413916.9

(22) 申请日 2023.04.18

(71) 申请人 东北轻合金有限责任公司

地址 150060 黑龙江省哈尔滨市平房区新疆三道街11号

(72) 发明人 路丽英 付金来 丛福官 任伟才  
王海彬 韩颖 陈岩 韩明明  
李艺萌

(74) 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事务所 23109

专利代理师 牟永林

(51) Int. Cl.

B23K 35/02 (2006.01)

B23K 35/28 (2006.01)

B23K 35/40 (2006.01)

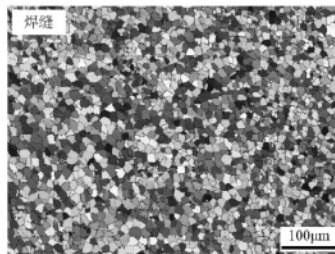
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种高强稀土铝合金焊丝及其制备方法

(57) 摘要

一种高强稀土铝合金焊丝及其制备方法,它涉及一种铝合金焊丝及其制备方法。本发明为了解决现有焊丝存在无法保证铝镁钪合金板材及锻件焊接的总体强度及焊接稳定性能的问题。本发明的高强稀土铝合金焊丝制备方法:称取原料;合金熔炼;铸造成合金铸锭;铸锭均匀化退火;车皮;挤压;拉拔;中间退火;拉拔;盘丝包装。本发明铸锭制备的焊丝进行铝镁钪合金2mm厚度板材的焊接,焊后强度可达到350MPa~370MPa,可焊性、耐剥落腐蚀性能良好。本发明的焊丝合金铸锭采用半连续铸造方式,在熔铸过程中采用在线除气、除渣等工艺,保证获得高纯净度、高冶金质量的焊丝铸锭。本发明用于制备一种高强稀土铝合金焊丝。



1. 一种高强稀土铝合金焊丝,该高强稀土铝合金焊丝为合金铸锭,其特征在于:合金铸锭中各元素质量百分含量如下:Si $\leq$ 0.20%、Fe $\leq$ 0.30%、Cu $\leq$ 0.10%、Mn $\leq$ 0.30%、Mg:5.8%~6.8%、Cr $\leq$ 0.30%、Zn $\leq$ 0.30%、Ti:0.02~0.05%、B $\leq$ 0.003%、Zr:0.08%~0.15%、Be:0.0005%~0.005%、Sc:0.30%~0.50%、单个杂质 $\leq$ 0.05%、合计杂质 $\leq$ 0.15%和余量为Al。

2. 一种高强稀土铝合金焊丝的制备方法,其特征在于:该方法具体按以下步骤进行:

步骤一、按照元素质量百分含量:Si $\leq$ 0.20%、Fe $\leq$ 0.30%、Cu $\leq$ 0.10%、Mn $\leq$ 0.30%、Mg:5.8%~6.8%、Cr $\leq$ 0.30%、Zn $\leq$ 0.30%、Ti:0.02~0.05%、B $\leq$ 0.003%、Zr:0.08%~0.15%、Be:0.0005%~0.005%、Sc:0.30%~0.50%、单个杂质 $\leq$ 0.05%、合计杂质 $\leq$ 0.15%和余量为Al,称取重熔用铝锭、镁锭、铝钎中间合金、铝钛中间合金、铝铍中间合金、铝锆中间合金和铝钛硼晶粒细化剂;

步骤二、将步骤一中称取的重熔用铝锭、铝锆中间合金和铝钛中间合金加入到熔炼炉中,在740 $^{\circ}$ C~760 $^{\circ}$ C的条件下熔炼,待全部熔化后,充分搅拌,均匀铺撒覆盖剂获得熔体;

步骤三、将步骤二制备的熔体降温至730 $^{\circ}$ C,加入步骤一称取的镁锭和铝铍中间合金,混合均匀,均匀铺撒覆盖剂获得熔体;

步骤四、将步骤三得到的熔体停留25min后;再将熔体导入静置炉中,然后采用Ar-Cl<sub>2</sub>混合气体进行精炼,得到铝合金熔体;

步骤五、将步骤四得到的铝合金熔体经过30ppi的陶瓷过滤片过滤,开始铸造时将步骤一称取的铝钛硼晶粒细化剂插入流槽中,使其均匀熔入合金熔液中,直至铸造结束;

步骤六、将步骤五所述的铝合金熔体,浇注到规格为 $\phi$ 162mm的圆形结晶器中,得到 $\phi$ 162mm的焊丝合金圆铸锭;

步骤七、将步骤六得到的合金圆铸锭在465 $^{\circ}$ C~475 $^{\circ}$ C温度下加热18h~24h,进行铸锭的均匀化退火处理;

步骤八、将步骤七得到的铸锭进行车皮处理,车皮至 $\phi$ 105mm,然后在挤压温度为465 $^{\circ}$ C~475 $^{\circ}$ C、挤压速度为70mm/min~80mm/min的条件下挤压成 $\phi$ 10.5mm的线材;

步骤九、将步骤八得到的线材进行拉拔减径,每道次变形量为30%~35%,两道次拉拔工序中间,进行温度为450 $^{\circ}$ C~480 $^{\circ}$ C,保温90min的退火处理,保证拉拔工序的正常进行,拉拔至 $\phi$ 3.0mm;

步骤十、将步骤十得到的 $\phi$ 3.0mm的丝材制成盘圆,进行包装,即得到高强稀土铝合金焊丝。

3. 根据权利要求2所述的一种高强稀土铝合金焊丝的制备方法,其特征在于:步骤一所述的铝钎中间合金是Al-2%Sc中间合金,铝钛中间合金是Al-4%Ti中间合金,铝铍中间合金是Al-11%Be,铝钛硼晶粒细化剂是铝钛硼合金Al-5%Ti-1%B组成。

4. 根据权利要求2或3所述的一种高强稀土铝合金焊丝的制备方法,其特征在于:步骤二和步骤三中所述的覆盖剂均是2号熔剂。

5. 根据权利要求4所述的一种高强稀土铝合金焊丝的制备方法,其特征在于:步骤二中覆盖剂的加入量为熔炼炉中金属质量的0.50%。

6. 根据权利要求5所述的一种高强稀土铝合金焊丝的制备方法,其特征在于:步骤三中覆盖剂的加入量为熔炼炉中金属质量的0.55%。

7. 根据权利要求6所述的一种高强稀土铝合金焊丝的制备方法,其特征在于:步骤三所述Ar-Cl<sub>2</sub>混合气体中氩气与氯气的体积比为(31.5~33):1。

8. 根据权利要求7所述的一种高强稀土铝合金焊丝的制备方法,其特征在于:步骤五控制铝钛硼晶粒细化剂速度为450mm/min。

9. 根据权利要求8所述的一种高强稀土铝合金焊丝的制备方法,其特征在于:步骤六合金铸锭的直径为162mm、长度为3000mm。

## 一种高强稀土铝合金焊丝及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种铝合金焊丝及其制备方法,具体涉及一种高强稀土铝合金焊丝及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 随着航天领域的快速发展,降低导弹和卫星等航天飞行器的自重提高运载能力已成为亟待解决的问题,使用铝合金焊接结构代替铆接结构,用焊接整体油箱代替铆接及胶接密封的油箱,可以有效提高飞行器或战机的机动性能。

[0003] 与传统铝镁合金相比,添加了适量稀土Sc的铝镁合金具有更高的常温和低温力学性能、耐损伤容限,还具有优异的焊接性能、抗腐蚀性能和超塑成型性能。俄罗斯已成功的将铝镁钪合金应用在航天飞行器、新型战机和新型舰船上。国内自主研制生产的铝镁钪合金板材及锻件已在航天领域成功应用,但目前的焊丝无法提高焊接结构总体强度及焊接稳定性能,因而研制开发能够与之匹配的高强稀土铝合金焊丝迫在眉睫。

[0004] 综上所述,现有焊丝存在无法保证铝镁钪合金板材及锻件焊接的总体强度及焊接稳定性能的问题。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是为了解决现有焊丝存在无法保证铝镁钪合金板材及锻件焊接的总体强度及焊接稳定性能的问题。进而提供一种高强稀土铝合金焊丝及其制备方法。

[0006] 本发明的技术方案是:一种高强稀土铝合金焊丝,该高强稀土铝合金焊丝为合金铸锭,合金铸锭中各元素质量百分含量如下:Si $\leq$ 0.20%、Fe $\leq$ 0.30%、Cu $\leq$ 0.10%、Mn $\leq$ 0.30%、Mg:5.8%~6.8%、Cr $\leq$ 0.30%、Zn $\leq$ 0.30%、Ti:0.02~0.05%、B $\leq$ 0.003%、Zr:0.08%~0.15%、Be:0.0005%~0.005%、Sc:0.30%~0.50%、单个杂质 $\leq$ 0.05%、合计杂质 $\leq$ 0.15%和余量为Al。

[0007] 本发明还提供了一种高强稀土铝合金焊丝的制备方法,该方法具体按以下步骤进行:

[0008] 步骤一、按照元素质量百分含量:Si $\leq$ 0.20%、Fe $\leq$ 0.30%、Cu $\leq$ 0.10%、Mn $\leq$ 0.30%、Mg:5.8%~6.8%、Cr $\leq$ 0.30%、Zn $\leq$ 0.30%、Ti:0.02~0.05%、B $\leq$ 0.003%、Zr:0.08%~0.15%、Be:0.0005%~0.005%、Sc:0.30%~0.50%、单个杂质 $\leq$ 0.05%、合计杂质 $\leq$ 0.15%和余量为Al,称取重熔用铝锭、镁锭、铝钪中间合金、铝钛中间合金、铝铍中间合金、铝锆中间合金和铝钛硼晶粒细化剂;

[0009] 步骤二、将步骤一中称取的重熔用铝锭、铝锆中间合金和铝钛中间合金加入到熔炼炉中,在740℃~760℃的条件下熔炼,待全部熔化后,充分搅拌,均匀铺撒覆盖剂获得熔体;

[0010] 步骤三、将步骤二制备的熔体降温至730℃,加入步骤一称取的镁锭和铝铍中间合金,混合均匀,均匀铺撒覆盖剂获得熔体;

[0011] 步骤四、将步骤三得到的熔体停留25min后；再将熔体导入静置炉中，然后采用Ar-Cl<sub>2</sub>混合气体进行精炼，得到铝合金熔体；

[0012] 步骤五、将步骤四得到的铝合金熔体经过30ppi的陶瓷过滤片过滤，开始铸造时将步骤一称取的铝钛硼晶粒细化剂插入流槽中，使其均匀熔入合金熔液中，直至铸造结束；

[0013] 步骤六、将步骤五所述的铝合金熔体，浇注到规格为 $\phi$  162mm的圆形结晶器中，得到 $\phi$  162mm的焊丝合金圆铸锭；

[0014] 步骤七、将步骤六得到的合金圆铸锭在465℃~475℃温度下加热18h~24h，进行铸锭的均匀化退火处理；

[0015] 步骤八、将步骤七得到的铸锭进行车皮处理，车皮至 $\phi$  105mm，然后在挤压温度为465℃~475℃、挤压速度为70mm/min~80mm/min的条件下挤压成 $\phi$  10.5mm的线材；

[0016] 步骤九、将步骤八得到的线材进行拉拔减径，每道次变形量为30%~35%，两道次拉拔工序中间，进行温度为450℃~480℃，保温90min的退火处理，保证拉拔工序的正常进行，拉拔至 $\phi$  3.0mm；

[0017] 步骤十、将步骤十得到的 $\phi$  3.0mm的丝材制成盘圆，进行包装，即得到高强稀土铝合金焊丝。

[0018] 进一步地，步骤一所述的铝钪中间合金是Al-2%Sc中间合金，铝钛中间合金是Al-4%Ti中间合金，铝铍中间合金是Al-11%Be，铝钛硼晶粒细化剂是铝钛硼合金Al-5%Ti-1%B组成。

[0019] 进一步地，步骤二和步骤三中所述的覆盖剂均是2号熔剂。

[0020] 进一步地，步骤二中覆盖剂的加入量为熔炼炉中金属质量的0.50%。

[0021] 进一步地，步骤三中覆盖剂的加入量为熔炼炉中金属质量的0.55%。

[0022] 进一步地，步骤三所述Ar-Cl<sub>2</sub>混合气体中氩气与氯气的体积比为(31.5~33):1。

[0023] 进一步地，步骤五控制铝钛硼晶粒细化剂速度为450mm/min。

[0024] 进一步地，步骤六合金铸锭的直径为162mm、长度为3000mm。

[0025] 本发明与现有技术相比具有以下效果：

[0026] 1、本发明研制了一种高强稀土铝合金焊丝的制备方法，用于焊接航天重点型号的新型稀土合金板材和锻件，可焊性好，焊接强度高。解决了高强铝合金焊材的卡脖子问题，可为高强铝合金板材焊接及增材制造提供可选新材料。该焊丝合金在成分设计时采用了Sc、Zr元素的复合微合金化技术，添加的Sc、Zr元素形成的Al<sub>3</sub>(Sc,Zr)粒子在焊缝组织中作为异质形核的核心起到强烈的细化晶粒的作用，可明显提高焊后强度。

[0027] 2、本发明的铸锭制备的焊丝进行铝镁钪合金2mm厚度板材的焊接，焊后强度可达到350MPa~370MPa，可焊性、耐剥落腐蚀性能良好。

[0028] 3、本发明的焊丝合金铸锭采用半连续铸造方式，在熔铸过程中采用在线除气、除渣等工艺，保证获得高纯净度、高冶金质量的焊丝用铸锭，为后续焊丝制备加工及焊接稳定性提供保障。

## 附图说明

[0029] 图1为实施例一制备的铝合金焊丝焊接接头的金相组织照片。

[0030] 图2为采用实施例一制备的合金焊丝焊接板材的焊缝剥落腐蚀照片。

## 具体实施方式

[0031] 具体实施方式一：本实施方式的一种高强稀土铝合金焊丝，该高强稀土铝合金焊丝为合金铸锭，合金铸锭中各元素质量百分含量如下： $\text{Si} \leq 0.20\%$ 、 $\text{Fe} \leq 0.30\%$ 、 $\text{Cu} \leq 0.10\%$ 、 $\text{Mn} \leq 0.30\%$ 、 $\text{Mg}: 5.8\% \sim 6.8\%$ 、 $\text{Cr} \leq 0.30\%$ 、 $\text{Zn} \leq 0.30\%$ 、 $\text{Ti}: 0.02 \sim 0.05\%$ 、 $\text{B} \leq 0.003\%$ 、 $\text{Zr}: 0.08\% \sim 0.15\%$ 、 $\text{Be}: 0.0005\% \sim 0.005\%$ 、 $\text{Sc}: 0.30\% \sim 0.50\%$ 、单个杂质 $\leq 0.05\%$ 、合计杂质 $\leq 0.15\%$ 和余量为Al。

[0032] 具体实施方式二：本实施方式的一种高强稀土铝合金焊丝的制备方法，其特征在于：该方法具体按以下步骤进行：

[0033] 步骤一、按照元素质量百分含量： $\text{Si} \leq 0.20\%$ 、 $\text{Fe} \leq 0.30\%$ 、 $\text{Cu} \leq 0.10\%$ 、 $\text{Mn} \leq 0.30\%$ 、 $\text{Mg}: 5.8\% \sim 6.8\%$ 、 $\text{Cr} \leq 0.30\%$ 、 $\text{Zn} \leq 0.30\%$ 、 $\text{Ti}: 0.02 \sim 0.05\%$ 、 $\text{B} \leq 0.003\%$ 、 $\text{Zr}: 0.08\% \sim 0.15\%$ 、 $\text{Be}: 0.0005\% \sim 0.005\%$ 、 $\text{Sc}: 0.30\% \sim 0.50\%$ 、单个杂质 $\leq 0.05\%$ 、合计杂质 $\leq 0.15\%$ 和余量为Al，称取重熔用铝锭、镁锭、铝钪中间合金、铝钛中间合金、铝铍中间合金、铝锆中间合金和铝钛硼晶粒细化剂；

[0034] 步骤二、将步骤一中称取的重熔用铝锭、铝锆中间合金和铝钛中间合金加入到熔炼炉中，在 $740^\circ\text{C} \sim 760^\circ\text{C}$ 的条件下熔炼，待全部熔化后，充分搅拌，均匀铺撒覆盖剂获得熔体；

[0035] 步骤三、将步骤二制备的熔体降温至 $730^\circ\text{C}$ ，加入步骤一称取的镁锭和铝铍中间合金，混合均匀，均匀铺撒覆盖剂获得熔体；

[0036] 步骤四、将步骤三得到的熔体停留25min后；再将熔体导入静置炉中，然后采用Ar- $\text{Cl}_2$ 混合气体进行精炼，得到铝合金熔体；

[0037] 步骤五、将步骤四得到的铝合金熔体经过30ppi的陶瓷过滤片过滤，开始铸造时将步骤一称取的铝钛硼晶粒细化剂插入流槽中，使其均匀熔入合金熔液中，直至铸造结束；

[0038] 步骤六、将步骤五所述的铝合金熔体，浇注到规格为 $\phi 162\text{mm}$ 的圆形结晶器中，得到 $\phi 162\text{mm}$ 的焊丝合金圆铸锭；

[0039] 步骤七、将步骤六得到的合金圆铸锭在 $465^\circ\text{C} \sim 475^\circ\text{C}$ 温度下加热18h $\sim$ 24h，进行铸锭的均匀化退火处理；

[0040] 步骤八、将步骤七得到的铸锭进行车皮处理，车皮至 $\phi 105\text{mm}$ ，然后在挤压温度为 $465^\circ\text{C} \sim 475^\circ\text{C}$ 、挤压速度为 $70\text{mm}/\text{min} \sim 80\text{mm}/\text{min}$ 的条件下挤压成 $\phi 10.5\text{mm}$ 的线材；

[0041] 步骤九、将步骤八得到的线材进行拉拔减径，每道次变形量为 $30\% \sim 35\%$ ，两道次拉拔工序中间，进行温度为 $450^\circ\text{C} \sim 480^\circ\text{C}$ ，保温90min的退火处理，保证拉拔工序的正常进行，拉拔至 $\phi 3.0\text{mm}$ ；

[0042] 步骤十、将步骤十得到的 $\phi 3.0\text{mm}$ 的丝材制成盘圆，进行包装，即得到高强稀土铝合金焊丝。

[0043] 具体实施方式三：本实施方式与具体实施方式二不同的是：步骤一所述的铝钪中间合金是Al-2%Sc中间合金，铝钛中间合金是Al-4%Ti中间合金，铝铍中间合金是Al-11%Be，铝钛硼晶粒细化剂是铝钛硼合金Al-5%Ti-1%B组成。其它与具体实施方式二相同。

[0044] 具体实施方式四：本实施方式与具体实施方式二或三不同的是：步骤二和步骤三中所所述的覆盖剂均是2号熔剂。其它与具体实施方式二或三相同。

[0045] 具体实施方式五：本实施方式与具体实施方式二至四之一不同的是：步骤二中覆

盖剂的加入量为熔炼炉中金属质量的0.50%。其它与具体实施方式二至四之一相同。

[0046] 具体实施方式六：本实施方式与具体实施方式二至五之一不同的是：步骤三中覆盖剂的加入量为熔炼炉中金属质量的0.55%。其它与具体实施方式二至五之一相同。

[0047] 具体实施方式七：本实施方式与具体实施方式二至六之一不同的是：步骤四所述Ar-Cl<sub>2</sub>混合气体中氩气与氯气的体积比为(31.5~33):1。其它与具体实施方式二至六之一相同。

[0048] 具体实施方式八：本实施方式与具体实施方式二至八之一不同的是：步骤五控制铝钛硼晶粒细化剂速度为450mm/min。其它与具体实施方式二至八之一相同。

[0049] 具体实施方式九：本实施方式与具体实施方式二至九之一不同的是：步骤六合金铸锭的直径为162mm、长度为3000mm。其它与具体实施方式二至九之一相同。

[0050] 本发明内容不仅限于上述各实施方式的内容，其中一个或几个具体实施方式的组合同样也可以实现发明的目的。

[0051] 实施例一：

[0052] 本实施例一种高强稀土铝合金焊丝，所述合金铸锭中各元素质量百分含量如下：Si≤0.20%、Fe≤0.30%、Cu≤0.10%、Mn≤0.30%、Mg:5.8%~6.8%、Cr≤0.30%、Zn≤0.30%、Ti:0.02~0.05%、B≤0.003%、Zr:0.08%~0.15%、Be:0.0005%~0.005%、Sc:0.30%~0.50%、单个杂质≤0.05%、合计杂质≤0.15%和余量为Al。

[0053] 所述的一种高强稀土铝合金焊丝的制备方法，具体按以下步骤进行：

[0054] 一、按照元素质量百分含量：Si≤0.20%、Fe≤0.30%、Cu≤0.10%、Mn≤0.30%、Mg:5.8%~6.8%、Cr≤0.30%、Zn≤0.30%、Ti:0.02~0.05%、B≤0.003%、Zr:0.08%~0.15%、Be:0.0005%~0.005%、Sc:0.30%~0.50%、单个杂质≤0.05%、合计杂质≤0.15%和余量为Al。称取重熔用铝锭、镁锭、铝钛中间合金、铝锆中间合金、铝铍中间合金、铝钪中间合金和铝钛硼晶粒细化剂；

[0055] 二、将步骤一称取的重熔用铝锭、铝锆中间合金和铝钛中间合金加入到熔炼炉中，在750℃的条件下熔炼10h，待全部熔化后，充分搅拌，均匀铺撒覆盖剂获得熔体；

[0056] 三、将步骤二制备的熔体降温至730℃，加入步骤一称取的镁锭和铝铍中间合金，混合均匀，均匀铺撒覆盖剂；再将熔体导入静置炉中，然后采用Ar-Cl<sub>2</sub>混合气体，进行精炼至每100克熔体中的氢含量≤0.15mL，得到铝合金熔体；

[0057] 四、将步骤三得到的铝合金熔体经过30ppi的陶瓷过滤片过滤后浇注至结晶器中，浇注的同时将步骤一称取的铝钛硼晶粒细化剂插入流槽中，均匀熔入合金熔液中；

[0058] 五、将步骤四得到的熔体停留25min后；再将熔体导入静置炉中，然后采用Ar-Cl<sub>2</sub>混合气体进行精炼，得到铝合金熔体；

[0059] 六、将步骤五得到的铝合金熔液，浇注到规格为φ162mm的圆形结晶器中，得到φ162mm的焊丝合金圆铸锭；

[0060] 七、将步骤六得到的合金铸锭在465℃~475℃温度下加热18h~24h，进行铸锭的均匀化退火处理；

[0061] 八、将步骤七得到的铸锭进行车皮处理，车皮至φ105mm，然后在挤压温度为465℃~475℃、挤压速度为70mm/min~80mm/min的条件下挤压成φ10.5mm的线材；

[0062] 九、将步骤八得到的线材进行拉拔减径，每道次变形量为30%~35%，两道次拉拔

工序中间,进行温度为450℃~480℃,保温90min的退火处理,保证拉拔工序的正常进行,拉拔至 $\phi 3.0\text{mm}$ ;

[0063] 十、将步骤十得到的 $\phi 3.0\text{mm}$ 的丝材制成盘圆,进行包装,即得到高强稀土铝合金焊丝。

[0064] 步骤一所述的铝铈中间合金是Al-2%Sc合金,铝钛中间合金是Al-4%Ti中间合金,铝铍中间合金是Al-11%Be,铝钛硼晶粒细化剂是铝钛硼合金Al-5%Ti-1%B组成。

[0065] 步骤二和步骤三中所所述的覆盖剂是2号熔剂。

[0066] 步骤二中覆盖剂的加入量为熔炼炉中金属质量的0.50%。

[0067] 步骤三所述Ar-Cl<sub>2</sub>混合气体中氩气与氯气的体积比为32:1。

[0068] 步骤四控制铝钛硼晶粒细化剂插入速度为450mm/min。

[0069] 步骤五合金铸锭的直径为162mm、长度为3000mm。

[0070] 图1为实施例一制备的铝合金焊丝焊接接头的金相组织照片,可以看出其晶粒细小、组织均匀,可焊性良好,为提高焊后强度提供了组织保证。

[0071] 图2为采用实施例一制备的合金焊丝焊接板材的焊缝剥落腐蚀照片,可见焊缝耐剥落腐蚀性能良好,与母材具有一致的耐蚀性能。

[0072] 虽然本发明已以较佳实施例揭露如上,然而并非用以限定本发明的,本领域技术人员还可以在本发明精神内做其他变化,以及应用到本发明未提及的领域中,当然,这些依据本发明精神所做的变化都应包含在本发明所要求保护的范围内。



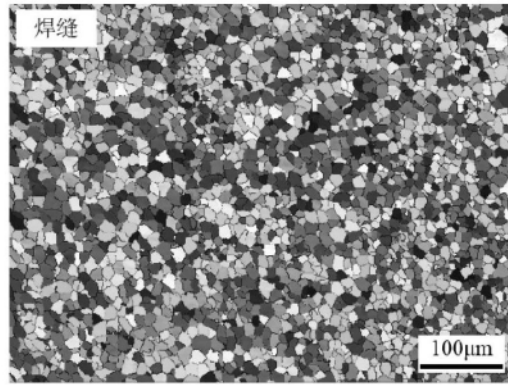


图1

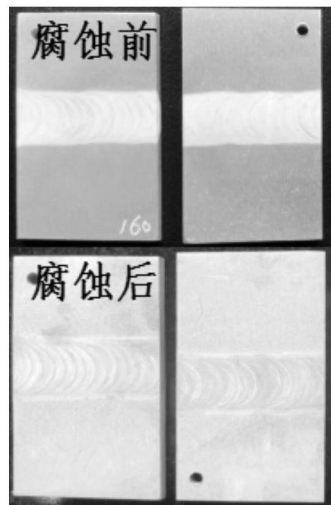


图2