



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110576071 A

(43)申请公布日 2019.12.17

(21)申请号 201911025303.8

(22)申请日 2019.10.25

(71)申请人 重庆理工大学

地址 400054 重庆市巴南区李家沱红光大道69号

(72)发明人 直妍 梁鹏程 洪兴 胡红军  
田野 戴庆伟 代俊林 干松林  
李兴林 冉兴 张丁非

(74)专利代理机构 重庆博凯知识产权代理有限公司 50212

代理人 李晓兵

(51)Int.Cl.

B21C 25/02(2006.01)

B21C 23/00(2006.01)

B21C 23/08(2006.01)

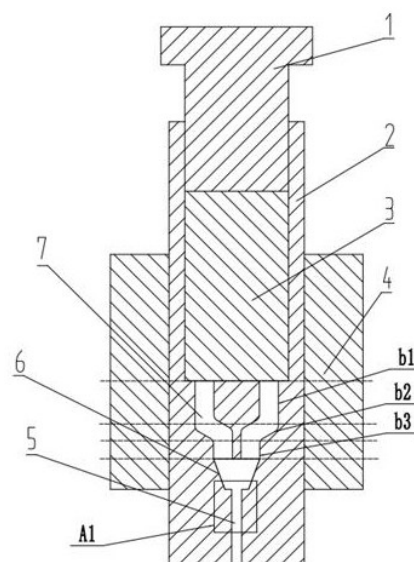
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

### (54)发明名称

用于制备超细晶镁合金的成型模具

### (57)摘要

本发明公开了一种用于制备超细晶镁合金的成型模具,包括凹模,凹模上部分设置有呈圆柱形且用于存储坯料的挤压腔,挤压腔内设置有沿挤压腔内壁上下往复运动的挤压杆,挤压腔底部开设有多个分流孔,每个分流孔向下延伸形成一个分流通道;所述分流通道下方设置有与所有分流通道连通的焊合室,所述焊合室下方设置有与焊合室连通的成型腔,所述凹模外套设有加热线圈,对凹模和挤压腔内的坯料进行加热。以等通道转角挤压(ECAP)与平面分流挤压为基础,融合了两种不同挤压方法,进行超细晶镁合金的热塑性成型的。



1. 用于制备超细晶镁合金的成型模具, 其特征在于: 包括凹模, 所述凹模上部分设置有呈圆柱形且用于存储坯料的挤压腔, 所述挤压腔内设置有沿挤压腔内壁上下往复运动的挤压杆, 所述挤压腔底部开设有多个分流孔, 每个分流孔向下延伸形成一个分流通道; 所述分流通道下方设置有与所有分流通道连通的焊合室, 所述焊合室下方设置有与焊合室连通的成型腔, 所述凹模外套设有加热线圈, 对凹模和挤压腔内的坯料进行加热。

2. 根据权利要求1所述的用于制备超细晶镁合金的成型模具, 其特征在于, 所述挤压腔的中心线和成型腔的中心线相重合。

3. 根据权利要求1所述的用于制备超细晶镁合金的成型模具, 其特征在于, 所述多个分流通道绕凹模中心线均匀分布。

4. 根据权利要求3所述的用于制备超细晶镁合金的成型模具, 其特征在于, 所述分流通道包括依次连接的第一段挤压通道、斜向转角通道以及第二段挤压通道, 所述第一段挤压通道和第二段挤压通道均呈竖直设置, 且第一段挤压通道的中轴线与第二段挤压通道的中轴线相错开, 斜向转角通道向凹模中心线方向倾斜设置。

5. 根据权利要求3所述的用于制备超细晶镁合金的成型模具, 其特征在于, 所述焊合室呈倒圆台结构, 焊合室上端的直径大于下端的直径。

6. 根据权利要求4-5任一项所述的用于制备超细晶镁合金的成型模具, 其特征在于, 所述成型腔为多个成型通道, 所述每个成型通道顶部均与焊合室连通, 所述成型通道的底部为出料口。

7. 根据权利要求6所述的用于制备超细晶镁合金的成型模具, 其特征在于, 所述成型通道呈圆柱状, 所述成型通道中部设置有模芯, 所述模芯外侧面与所述成型通道的内壁之间形成挤压通道。

8. 根据权利要求1所述的用于制备超细晶镁合金的成型模具, 其特征在于, 还包括热电偶和与热电偶电连接的温度转换器, 所述料筒上设置有耐高温的热电偶探头, 所述热电偶探头与热电偶电连接。

9. 根据权利要求8所述的用于制备超细晶镁合金的成型模具, 其特征在于, 还包括温度记录仪, 所述温度记录仪与温度转化器电连接。

## 用于制备超细晶镁合金的成型模具

### 技术领域

[0001] 本发明涉及薄壁管材成形的技术领域,具体涉及用于制备超细晶镁合金的成型模具。

### 背景技术

[0002] 镁合金具有高比强度、高比刚度以及低密度的特点使其较为广泛应用于3C以及航空航天领域。但由于镁合金的密排六方结构,基面是其主要的滑移面,滑移系少,室温下表现出很高的各向异性,因此具有较差的塑性成形能力。

[0003] 挤压加工是镁合金成形的常见方法。在传统的正向挤压生产过程,会形成沿管材挤压方向的带状组织和强烈的基面织构,造成管材的各向异性,从而降低成形管材的力学性能。这些形成的基面织构还很容易在薄管的二次加工中造成轻合金铸造组织中的缩孔、疏松等缺陷,使得管材尤其是薄管的加工精度变差。并且,传统挤压后的镁合金合金制件横向截面组织为等轴晶粒,挤压后的纵向截面组织变成细长晶粒,对其力学性能有较大的影响。

[0004] 等通道转角挤压(ECAP)工艺是一种比较成熟的制备高性能、超细晶镁合金的大塑性变形方法,坯料经过转角区时,在横截面积不发生改变的情况下受到强烈的剪切作用,在一定程度上削弱了沿管材挤压方向的带状组织和强烈的基面织构。随着挤压道次的增加,坯料累积的应变不断增大,从而使得其内部的位错密度增加,促进动态再结晶的进行;平面分流挤压是工厂中最为常见的挤压加工方式,具有生产效率高、操作简单、可以生产复杂型材等优点。

[0005] 高强韧性的镁合金原材料及镁合金制品的研发是当下以及未来的一个重要研究方向,如果能设计加工出高性能的镁合金制品,那么镁合金在高比强度、高比刚度、轻量化方面的优势将更加明显,促进其在更多领域更加广泛的应用。

### 发明内容

[0006] 针对现有技术存在的上述不足,本发明的目的在于提供一种以等通道转角挤压(ECAP)与平面分流挤压作为基础,融合了两种不同挤压方法的优势,进行超细晶镁合金的热塑性成型的用于制备超细晶镁合金的成型模具。

[0007] 解决上述技术问题,本发明采用如下技术方案:

用于制备超细晶镁合金的成型模具,包括凹模,所述凹模上部分设置有呈圆柱形且用于存储坯料的挤压腔,所述挤压腔底部开设有多个分流孔,每个分流孔向下延伸形成一个分流通道;所述分流通道下方设置有与所有分流通道连通的焊合室,所述焊合室下方设置有与焊合室连通的成型腔,所述凹模外套设有加热线圈,对凹模和挤压腔内的坯料进行加热。

[0008] 本发明的原理和有益效果在于:

事先将坯料放置在挤压腔内,启动加热线圈,加热线圈对坯料加热到适合温度后,控制

挤压杆沿着挤压腔内壁向下运动,推动坯料缓慢经分流孔进入到分流通道,分流通道对坯料进行挤压剪切,使得坯料横截面积不发生改变的情况下受到强烈的剪切作用,能够减少或消除镁合金中显微孔洞等缺陷,提高制品的致密性,破碎枝晶以及形成细小的等轴晶,坯料随着自身重力再向下运动,进入到成型腔,在成型腔逐渐成型,形成超细晶镁合金。

[0009] 进一步,所述挤压腔的中心线和成型腔的中心线相重合。这样设计,使得保证坯料竖直向下并快速形成超细晶镁合金,效率高。

[0010] 进一步,所述多个分流通道绕凹模中心线均匀分布。分流通道根据所需制件的实际情况设置相应的个数,这样可以累积坯料更多的应变,加深坯料动态再结晶的程度,进一步细化坯料晶粒。

[0011] 进一步,所述分流通道包括依次连接的第一段挤压通道、斜向转角通道以及第二段挤压通道,所述第一段挤压通道和第二段挤压通道均呈竖直设置,且第一段挤压通道的中轴线与第二段挤压通道的中轴线相错开,斜向转角通道向凹模中心线方向倾斜设置。通过第一段挤压通道、斜向转角通道以及第二段挤压通道形成了单个等通道转角挤压,等通道转角挤压的引入使得坯料经过转角区时,在一定程度上削弱了坯料沿挤压方向的带状组织和强烈的基面织构。而且随着挤压道次以及斜向转角通道的增加,坯料累积的应变不断增大,从而使得其内部的位错密度增加,促进动态再结晶的进行、有效地细化晶粒。

[0012] 进一步,所述焊合室呈倒圆台结构,焊合室上端的直径大于下端的直径。焊合室的作用是将分流通道内的坯料进行焊合,坯料再流向成型腔进行成型,这里将焊合室设计为倒圆台结构,使得焊合室上端的直径大于下端的直径,这样就能够保证焊合室上端能够连通多个分流通道,下端限制坯料流向成型腔内的量,进一步保证成型腔内超细晶镁合金成型时间。

[0013] 进一步,所述成型腔为多个成型通道,所述每个成型通道顶部均与焊合室连通,所述成型通道的底部为出料口。设置多个成型通道可以同时生产多根管材或棒料等型材,此制备方式简洁、成形过程简单、安全。

[0014] 进一步,所述成型通道呈圆柱状,所述成型通道中部设置有模芯,所述模芯外侧面与所述成型通道的内壁之间形成挤压通道。当需要生产管材时,需要设置模芯,该模芯的外径就是需要管材的内径,因此,坯料通过挤压通道形成所需厚度的管材。

[0015] 进一步,还包括热电偶和与热电偶电连接的温度转换器,所述料筒上设置有耐高温的热电偶探头,所述热电偶探头与热电偶电连接。通过热电偶探头将实时的电热传递给热电偶处,通过热电偶与温度转换器连接,将电热转化为温度信号,用其测量凹模与坯料的温度及其变化情况。

[0016] 进一步,还包括温度记录仪,所述温度记录仪与温度转换器电连接。用于记录凹模与坯料的温度及其变化情况。

[0017] 相比现有技术,本发明具有如下优点:

1、本发明将等通道转角挤压和平面分流挤压结合起来就兼具两者的优点。等通道转角挤压的引入使得坯料经过转角区时,在横截面积不发生改变的情况下受到强烈的剪切作用,能够减少或消除镁合金坯料中显微孔洞等缺陷,提高制品的致密性,破碎坯料内的枝晶,并形成细小的等轴晶。

[0018] 同时,在一定程度上削弱了坯料沿挤压方向的带状组织和强烈的基面织构,而且

随着挤压道次以及斜向转角通道的增加,坯料累积的应变不断增大,从而使得其内部的位错密度增加,促进动态再结晶的进行、有效地细化晶粒。

[0019] 2、本发明中的平面分流挤压的引入可以挤压双分流通道或者多个分流通道的分流挤压腔,并形成复杂的空心管材或棒材,设置多个成型通道可以同时生产多根空心管材或棒料此制备简洁、成形过程简单、安全,同时,还可以在普通的型棒挤压机进行,生产周期短。

[0020] 3、本发明将两种不同的挤压方式结合起来,结合了两者的优点,对复合挤压成型有一定指导性的作用。

[0021] 4、本装置与一般装置相比,利用热电偶与温度转换器测量与记录温度,可以直观、准确了解到模具与坯料的温度以及在成形过程中的温度变化情况。

[0022] 5、模具的体积较小,节约了生产空间,降低了生产成本;通过此工艺将会实现连续稳定生产,简化了生产工艺,成形的速度快,便于实现自动化控制,适用范围广泛。

## 附图说明

[0023] 图1为本发明用于制备超细晶镁合金的成型模具的结构示意图。

[0024] 图2为图1中A1处的局部放大图。

[0025] 图3为现有普通挤压的管材晶粒微观组织图。

[0026] 图4为本发明成型管材晶粒微观组织图。

[0027] 图5为普通挤压和本发明成型管材的硬度对比。

[0028] 图中:挤压杆1、凹模2、坯料3、加热线圈4、成型腔5、焊合室6、分流通道7、模芯8。

## 具体实施方式

[0029] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明。

[0030] 本实施例:参见图1,用于制备超细晶镁合金的成型模具,包括凹模2,凹模2上部分设置有呈圆柱形且用于存储坯料3的挤压腔,挤压腔内设置有沿挤压腔内壁上下往复运动的挤压杆1,挤压杆1为可拆卸,利用螺钉和带有中心孔的垫板将挤压杆1固定在压力机上。

[0031] 挤压腔底部开设有多个分流孔,每个分流孔向下延伸形成一个分流通道7,多个分流通道7绕凹模2中心线均匀分布,分流通道7根据所需制件的实际情况设置相应的个数,这样可以累积坯料3更多的应变,加深坯料3动态再结晶的程度,进一步细化坯料3晶粒。

[0032] 分流通道7下方设置有与所有分流通道7连通的焊合室6,焊合室6下方设置有与焊合室6连通的成型腔5,而挤压腔的中心线和成型腔5的中心线相重合;这样设计,使得保证坯料3竖直向下并快速形成超细晶镁合金,效率高。

[0033] 凹模2外套设有加热线圈4,对凹模2和挤压腔内的坯料进行加热;其中,分流挤压腔利用平面分流挤压与等通道转角挤压原理,分流通道7包括依次连接的第一段挤压通道b1、斜向转角通道b2以及第二段挤压通道b3,第一段挤压通道b1和第二段挤压通道b3均呈竖直设置,且第一段挤压通道b1的中轴线与第二段挤压通道b3的中轴线相错开,第一段挤压通道b1与斜向转角通道b2的连接处通过圆角过渡,斜向转角通道b2向凹模2中心线方向倾斜设置,使得斜向转角通道b2的中轴线与第一段挤压通道b1的中轴线相交构成一定的夹角,斜向转角通道b2与第二段挤压通道b3连接处通过圆角过渡。

[0034] 通过第一段挤压通道b1、斜向转角通道b2以及第二段挤压通道b3形成了单个等通道转角挤压,等通道转角挤压的引入使得坯料3经过转角区时,在一定程度上削弱了坯料3沿挤压方向的带状组织和强烈的基面织构;而且随着挤压道次以及斜向转角通道的增加,坯料3累积的应变不断增大,从而使得其内部的位错密度增加,促进动态再结晶的进行、有效地细化晶粒。

[0035] 又由于成型腔5为多个成型通道,多个成型通道顶部均与焊合室6连通,成型通道的底部为出料口,因此,设置多个成型通道可以同时生产多根管材或棒料等型材,此制备方式简洁、成形过程简单、安全。

[0036] 另外,焊合室6呈倒圆台结构,焊合室6上端的直径大于下端的直径。焊合室6的作用是将分流通道7内的坯料3进行焊合,坯料3再流向成型腔5进行成型,这里将焊合室6设计为倒圆台结构,使得焊合室6上端的直径大于下端的直径,这样就能够保证焊合室6上端能够连通多个分流通道7,下端限制坯料3流向成型腔5内的量,在焊合室6内产生进一步挤压镁合金的作用,进一步保证成型腔5内超细晶镁合金成型时间。

[0037] 其中,焊合室6在加热线圈4的温度为400摄氏度以上进行焊合,使得镁合金受到很大的挤压力,从而经多个分流通道7的几股镁合金汇聚在一起进行平面分流挤压。

参见图2,成型通道呈圆柱状,成型通道中部设置有模芯8,模芯8外侧面与成型通道的内壁之间形成挤压通道;当需要生产管材时,需要设置模芯8,该模芯8的外径就是需要管材的内径,因此,坯料3通过挤压通道形成所需厚度的管材,另外,还可以根据型材的结构改变成型通道以及模芯8的形状。

[0038] 除此之外,本发明还包括热电偶和与热电偶电连接的温度转换器,料筒上设置有耐高温的热电偶探头,热电偶探头与热电偶电连接。通过热电偶探头将实时的电热传递给热电偶处,通过热电偶与温度转换器连接,将电热转化为温度信号,用其测量与记录模具与坯料3的温度及其变化情况,同时,温度转化器与温度记录仪或笔记本电连接,通过温度记录仪或笔记本记录温度。

[0039] 参见图3和图4,从图中可以明显看出,经过本发明成型的管材具有更加致密的组织,本发明能够有效地细化晶粒,成型的管材形成致密等轴晶粒,将大大有利于提高管材的综合力学性能。

[0040] 参见图5是普通挤压和本发明成型管材的硬度测试对比,可以明显看出经过本发明成型的管材具有比普通挤压较高的硬度值。

[0041] 其操作过程如下:

首先,将镁合金坯料3进行均匀化处理;然后,将处理过的坯料3放置在凹模2的挤压腔内,启动加热线圈4,对凹模2及坯料3进行加热,加热线圈4在凹模2的四周与凹模2外壁相接触,并传热至凹模2,同时,通过温度记录仪或笔记本记录加热温度。

[0042] 当温度达到工艺温度时,启动压力机,控制压力机使其主缸顶出即带着挤压杆1下行,挤压杆1下行至凹模2的挤压腔时,对放置在挤压腔中的坯料3进行挤压,坯料3受到挤压首先会流过多个第一段挤压通道b1,再经过第一段挤压通道b1坯料3再分别流向斜向转角通道b2和第二段挤压通道b3,斜向转角通道b2和第二段挤压通道b3实现了等通道转角挤压;然后,坯料3从多个第二段挤压通道b3流向焊合室6,并在焊合室6内汇集进行焊合,第二段挤压通道b3实现了平面分流挤压,焊合后的坯料3最后进入成型通道,根据需求,可在成

型腔5内成形棒材或管材等型材,这时,挤压杆1挤压完成后,压力机回程,取出制件放入另一个坯料3,进行下一个制品的成型。

[0043] 本发明将等通道转角挤压和平面分流挤压结合起来就兼具两者的优点。等通道转角挤压的引入使得坯料3经过转角区时,在横截面积不发生改变的情况下受到强烈的剪切作用,能够减少或消除镁合金坯料3中显微孔洞等缺陷,提高制品的致密性,破碎坯料3内的枝晶,并形成细小的等轴晶。

[0044] 同时,在一定程度上削弱了坯料3沿挤压方向的带状组织和强烈的基面织构,而且随着挤压道次以及斜向转角通道的增加,坯料3累积的应变不断增大,从而使得其内部的位错密度增加,促进动态再结晶的进行、有效地细化晶粒。

[0045] 最后需要说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制技术方案,本领域的普通技术人员应当理解,那些对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本技术方案的宗旨和范围,均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

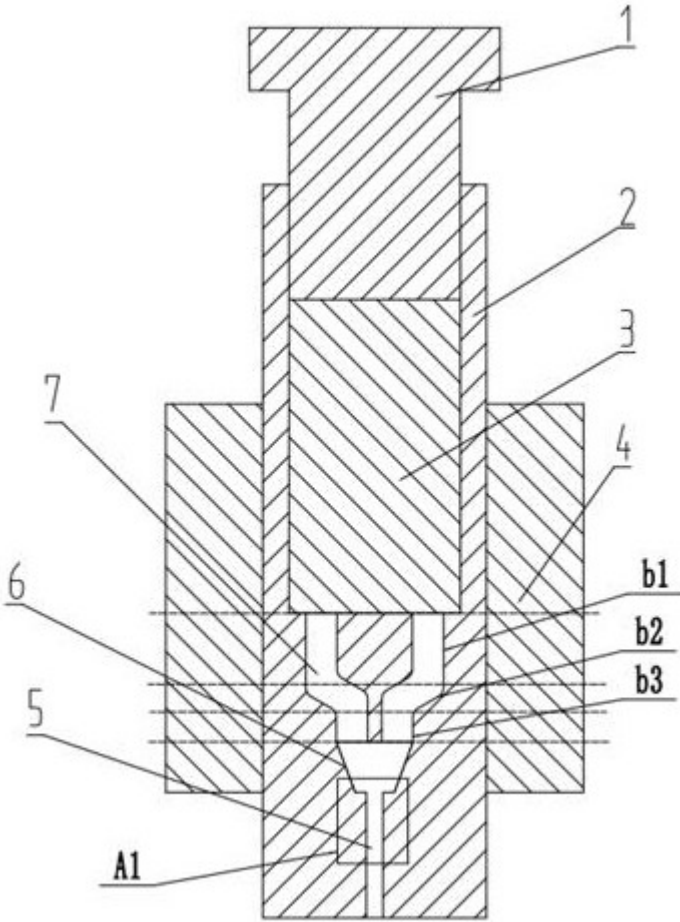


图1

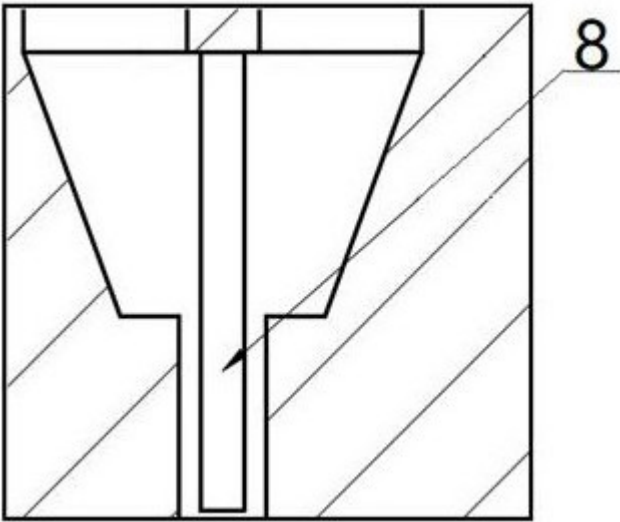


图2



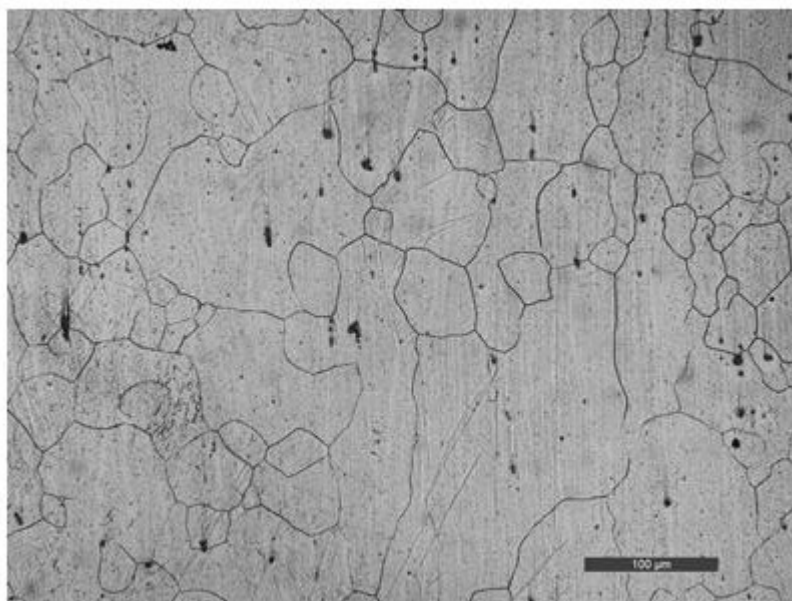


图3

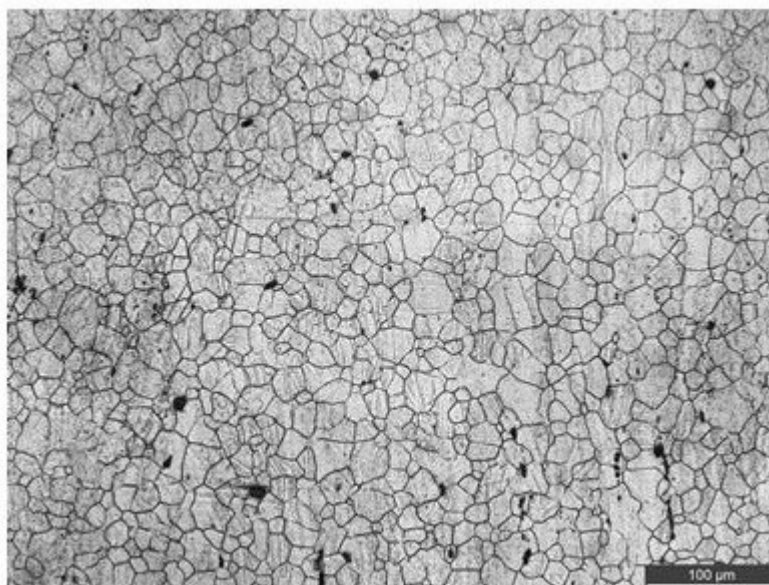


图4

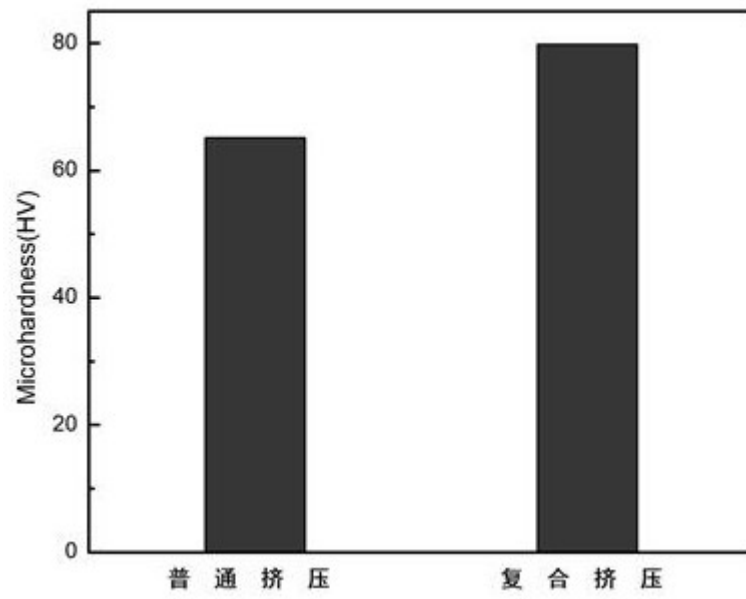


图5