



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106756682 B

(45)授权公告日 2018.05.04

(21)申请号 201611203889.9

审查员 王冬妮

(22)申请日 2016.12.23

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106756682 A

(43)申请公布日 2017.05.31

(73)专利权人 福州大学

地址 350002 福建省福州市鼓楼区工业路  
523号

(72)发明人 汪炳叔 刘慧敏 邓丽萍 石晶晶  
崔凯旋

(74)专利代理机构 福州元创专利商标代理有限公司 35100

代理人 蔡学俊 林文弘

(51)Int. Cl.

G22F 1/06(2006.01)

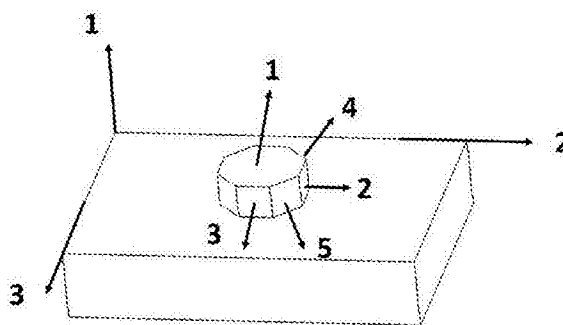
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

一种镁合金晶粒细化方法

(57)摘要

本发明公开了一种镁合金晶粒细化方法,包括步骤:设计正八棱柱体板材,选择特定方向进行多向组合,再沿该组合进行循环多向室温变形,累积变形到一定程度,再进行中温短时间退火。板材采用特定方向组合变形,通过引入一次压缩孪晶、二次压缩孪晶和一次拉伸孪晶,充分发挥不同孪晶之间相互交叉分割来细化晶粒,在退火过程中,这些孪晶内部形变储存能高,可提供丰富的形核位置,从而在短时间内可获得均匀的再结晶小晶粒,并弱化镁合金板材的基面织构,从而极大提高镁合金板材的强度和成型性能。



1. 一种镁合金晶粒细化方法,其特征在于:具体包括以下步骤:

(1) 按照GB/T5154-2003标准生产加工,半连续铸造后,在350℃-450℃之间进行热轧开坯处理,然后在400℃退火校平;

(2) 在热轧开坯板上设计正八棱柱体板材,并设置5个不同的变形方向,设板材的轧制法向为ND,板材的轧向为RD,板材的横向为TD,与板材横向成45°角的方向为45TD,与板材横向成45°角的另一个方向为45TD' ;

(3) 加工变形制作正八棱柱体板材,并设置变形的循环方向,5个变形方向一个循环组合:ND- RD-45TD-TD-45TD' ;首先沿ND方向变形,产生大量的一次压缩孪晶和二次压缩孪晶,使得晶粒中发生一次压缩孪晶的片层取向偏离ND方向56°,发生二次压缩孪晶的片层取向偏离ND方向38°,部分未发生孪生的晶粒还保留在ND方向;接着沿RD方向变形,使得ND方向的部分晶粒发生拉伸孪生转到RD方向,并与上次变形产生的一次和二次压缩孪晶相互交叉,初步分割原始晶粒;再沿45TD方向变形,使得ND方向的部分晶粒发生拉伸孪生转到45TD方向,使得RD方向的晶粒发生一次和二次压缩孪晶,新产生的孪晶与原有的孪晶再次相互交叉分割细化晶粒;接着沿TD方向变形,使得ND方向和RD方向的晶粒发生拉伸孪晶转到TD方向,使得45TD方向的晶粒发生一次和二次压缩孪晶,拉伸孪晶和压缩孪晶再次相互作用分割晶粒;最后沿45TD' 方向变形,使得ND和45TD方向的晶粒发生拉伸孪晶转到45TD' 方向,使得RD和TD方向的晶粒发生一次和二次压缩孪晶,不同变形阶段产生的压缩孪晶和拉伸孪晶相互交叉,分割细化晶粒,完成一个循环;

(4) 重复步骤(3)中的循环5~20次;

(5) 经步骤(4)的多次循环多向变形的样品,当累积变形量达到200%-300%时,再进行退火,获得均匀细小的再结晶晶粒;退火后获得的再结晶晶粒尺寸为700nm。

2. 根据权利要求1所述的镁合金晶粒细化方法,其特征在于:步骤(3)中的变形方式为室温下采用单向压缩或者单向锻造。

3. 根据权利要求1所述的镁合金晶粒细化方法,其特征在于:步骤(3)中的变形速率为1mm/min~10mm/min。

4. 根据权利要求1所述的镁合金晶粒细化方法,其特征在于:步骤(5)中退火温度为200 - 250℃,退火时间为20-30分钟。

## 一种镁合金晶粒细化方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种镁合金晶粒细化方法。

### 背景技术

[0002] 镁及镁合金具有质轻、导热导电性好、阻尼减震、电磁屏蔽等诸多优点,具有广阔的应用前景。然而,由于镁合金具有的密排六方(HCP)晶体结构的特点,室温下独立滑移系少,导致室温塑性低,易形成基面织构,成型能力差,已成为阻碍镁合金材料大规模应用的瓶颈问题。

[0003] 传统的镁合金锻造方法室温变形能力差,通常需要在中高温下进行变形,并辅以多次的中间退火,导致工艺复杂,成本高,所获得的组织晶粒尺寸在微米级别以上,极大地制约了镁合金材料的生产和应用。因此,发展出一种通过微观组织及织构控制来改善镁合金的微观组织,从而提高镁合金室温塑性变形能力的新方法成为工程应用的当务之急。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于针对现有技术不足,提供一种镁合金晶粒细化方法。

[0005] 为实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0006] 一种镁合金晶粒细化方法,具体包括以下步骤:

[0007] (1)按照GB/T5154-2003标准生产加工,半连续铸造后,在350℃-450℃之间进行热轧开坯处理,然后在400℃退火校平;此时材料具有较强的基面织构,大部分晶粒取向平行于板材的轧制法向(ND);

[0008] (2)在热轧开坯板上设计正八棱柱体板材,并设置5个不同的变形方向,设板材的轧制法向为ND,板材的轧向为RD,板材的横向为TD,与板材横向成45°角的方向为45TD,与板材横向成45°角的另一个方向为45TD';

[0009] (3)加工变形制作正八棱柱体板材,并设置变形的循环方向,5个变形方向一个循环组合:ND- RD-45TD-TD-45TD';首先沿ND方向变形,产生大量的一次压缩孪晶和二次压缩孪晶,使得晶粒中发生一次压缩孪晶的片层取向偏离ND方向56°,发生二次压缩孪晶的片层取向偏离ND方向38°,部分未发生孪生的晶粒还保留在ND方向;接着沿RD方向变形,使得ND方向的部分晶粒发生拉伸孪生转到RD方向,并与上次变形产生的一次和二次压缩孪晶相互交叉,初步分割原始晶粒;再沿45TD方向变形,使得ND方向的部分晶粒发生拉伸孪生转到45TD方向,使得RD方向的晶粒发生一次和二次压缩孪晶,新产生的孪晶与原有的孪晶再次相互交叉分割细化晶粒;接着沿TD方向变形,使得ND方向和RD方向的晶粒发生拉伸孪晶转到TD方向,使得45TD方向的晶粒发生一次和二次压缩孪晶,拉伸孪晶和压缩孪晶再次相互作用分割晶粒;最后沿45TD'方向变形,使得ND和45TD方向的晶粒发生拉伸孪晶转到45TD'方向,使得RD和TD方向的晶粒发生一次和二次压缩孪晶,不同变形阶段产生的压缩孪晶和拉伸孪晶相互交叉,分割细化晶粒,完成一个循环;由于孪晶片层较窄,尤其是在不同孪晶片层交叉的位置应力集中明显,形变储存能较大,为下一步的退火处理提供了充足的再结

晶驱动力；

[0010] (4) 重复步骤(3)中的循环5~20次；

[0011] (5) 经步骤(4)的多次循环多向变形的样品,当累积变形量达到200%-300%时,再进行退火,获得均匀细小的再结晶晶粒。

[0012] 步骤(3)中的变形方式为室温下采用单向压缩或者单向锻造。

[0013] 步骤(3)中的变形速率为1mm/min~10mm/min。

[0014] 步骤(5)中退火温度为200 - 250℃,退火时间为20-30分钟。

[0015] 步骤(5)中退火后获得的再结晶晶粒尺寸为700nm。

[0016] 本发明的有益效果在于:本发明提供的镁合金晶粒细化方法,板材采用特定方向组合变形,通过引入一次压缩孪晶、二次压缩孪晶和一次拉伸孪晶,充分发挥不同孪晶之间相互交叉分割来细化晶粒,在退火过程中,这些孪晶内部形变储存能高,可提供丰富的形核位置,从而在短时间内可获得均匀的再结晶小晶粒,并弱化镁合金板材的基面织构,从而极大提高镁合金板材的强度和成型性能。

## 附图说明

[0017] 图1为正八棱柱板材的板材变形方向示意图一；

[0018] 图2为正八棱柱板材的板材变形方向示意图二；

[0019] 在图1和图2中:方向1表示板材的轧制法向(ND),方向2表示板材的轧向(RD),方向3表示板材的横向(TD),方向4表示与板材横向成45°角的方向45TD,方向5表示与板材横向成45°角的另一个方向45TD'。

## 具体实施方式

[0020] 以下结合具体实施例对本发明做进一步说明,但本发明不仅仅限于这些实施例。

## 实施例

[0021] 一种镁合金晶粒细化方法,具体包括以下步骤:

[0022] (1) 按照GB/T5154-2003标准生产加工,半连续铸造后,在350℃-450℃之间进行热轧开坯处理,然后在400℃退火校平;

[0023] (2) 设计正八棱柱板材:在热轧开坯板上设计正八棱柱体板材,使其具有5个不同的变形方向,如图1所示,方向1表示板材的轧制法向(ND),方向2表示板材的轧向(RD),方向3表示板材的横向(TD),方向4表示与板材横向成45°角的方向45TD,方向5表示与板材横向成45°角的另一个方向45TD' ;

[0024] (3) 多个变形方向组合:5个变形方向一个循环组合:ND-RD-45TD-TD-45TD' ;首先沿ND方向变形,产生大量的一次压缩孪晶和二次压缩孪晶,使得晶粒中发生一次压缩孪晶的片层取向偏离ND方向56°左右,发生二次压缩孪晶的片层取向偏离ND方向38°左右,部分未发生孪生的晶粒还保留在ND方向;接着沿RD方向变形,使得ND方向的部分晶粒发生拉伸孪生转到RD方向,并与上次变形产生的一次和二次压缩孪晶相互交叉,初步分割原始晶粒;再沿45TD方向变形,使得ND方向的部分晶粒发生拉伸孪生转到45TD方向,使得RD方向的晶粒发生一次和二次压缩孪晶,新产生的孪晶与原有的孪晶再次相互交叉分割细化晶粒;接

着沿TD方向变形,使得ND方向和RD方向的晶粒发生拉伸孪晶转到TD方向,使得45TD方向的晶粒发生一次和二次压缩孪晶,拉伸孪晶和压缩孪晶再次相互作用分割晶粒;最后沿45TD'方向变形,使得ND和45TD方向的晶粒发生拉伸孪晶转到45TD'方向,使得RD和TD方向的晶粒发生一次和二次压缩孪晶,不同变形阶段产生的压缩孪晶和拉伸孪晶相互交叉,分割细化晶粒,完成一个循环;上述变形方式为室温下采用单向压缩或者单向锻造,变形速率为1mm/min~10mm/min;

[0025] (4) 重复步骤(3)中的循环5~20次;

[0026] (5) 中温退火处理:经过步骤(4)多次循环多向变形的样品,当累积变形量达到200%~300%时,在200 - 250℃下进行20-30分钟的退火,可获得均匀细小的再结晶晶粒,平均晶粒尺寸可达到700nm。

[0027] 下面给出具体的实施例:

[0028] 实施例一:

[0029] 从热轧板坯取下的正八棱柱的尺寸为:上下表面为正八边形,边长为200mm;厚度也为200mm。在室温下进行多向循环锻造,应变速率1mm/min,一个循环方向组合为:ND-RD-45TD-TD-45TD'。首先沿ND方向变形10%,接着沿RD方向变形4%,再沿45TD方向变形8%,接着沿TD方向变形5%,最后沿45TD'方向变形5%,完成一个循环。一个变形组合可累计变形32%。此工艺可循环10次,累计变形量为320%。对变形后的样品进行中温短时间热处理,退火温度为200℃,退火时间为25分钟,退火后可获得晶粒尺寸为650-750nm的再结晶等轴晶组织。

[0030] 实施例二:

[0031] 从热轧板坯取下的正八棱柱的尺寸为:上下表面为正八边形,边长为200mm;厚度也为200mm。在室温下进行多向循环锻造,应变速率5mm/min,一个循环方向组合为:ND-RD-45TD-TD-45TD'。首先沿ND方向变形12%,接着沿RD方向变形5%,再沿45TD方向变形10%,接着沿TD方向变形5%,最后沿45TD'方向变形5%,完成一个循环。一个变形组合可累计变形37%。此工艺可循环7次,累计变形量为259%。对变形后的样品进行中温短时间热处理,退火温度为250℃,退火时间为20分钟,退火后可获得晶粒尺寸为700-800nm的再结晶等轴晶组织。

[0032] 实施例三:

[0033] 从热轧板坯取下的正八棱柱的尺寸为:上下表面为正八边形,边长为200mm;厚度也为200mm。在室温下进行多向循环锻造,应变速率10mm/min,一个循环方向组合为:ND-RD-45TD-TD-45TD'。首先沿ND方向变形15%,接着沿RD方向变形5%,再沿45TD方向变形5%,接着沿TD方向变形10%,最后沿45TD'方向变形5%,完成一个循环。一个变形组合可累计变形40%。此工艺可循环5次,累计变形量为200%。对变形后的样品进行中温短时间热处理,退火温度为200℃,退火时间为30分钟,退火后可获得晶粒尺寸为600-800nm的再结晶等轴晶组织。

[0034] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,凡依本发明申请专利范围所做的均等变化与修饰,皆应属本发明的涵盖范围。

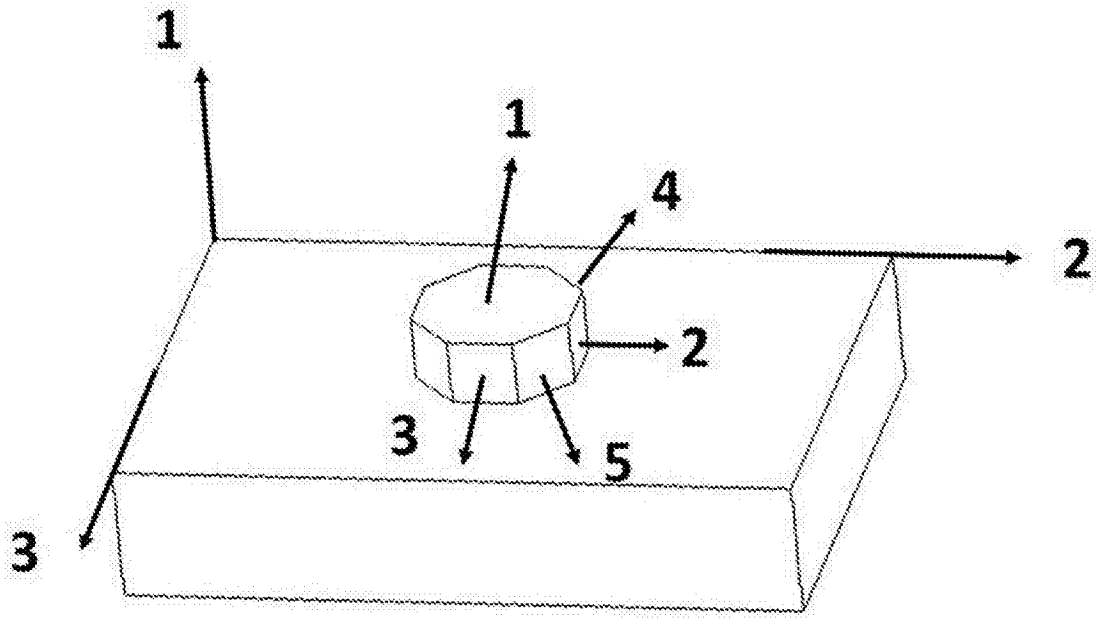


图1

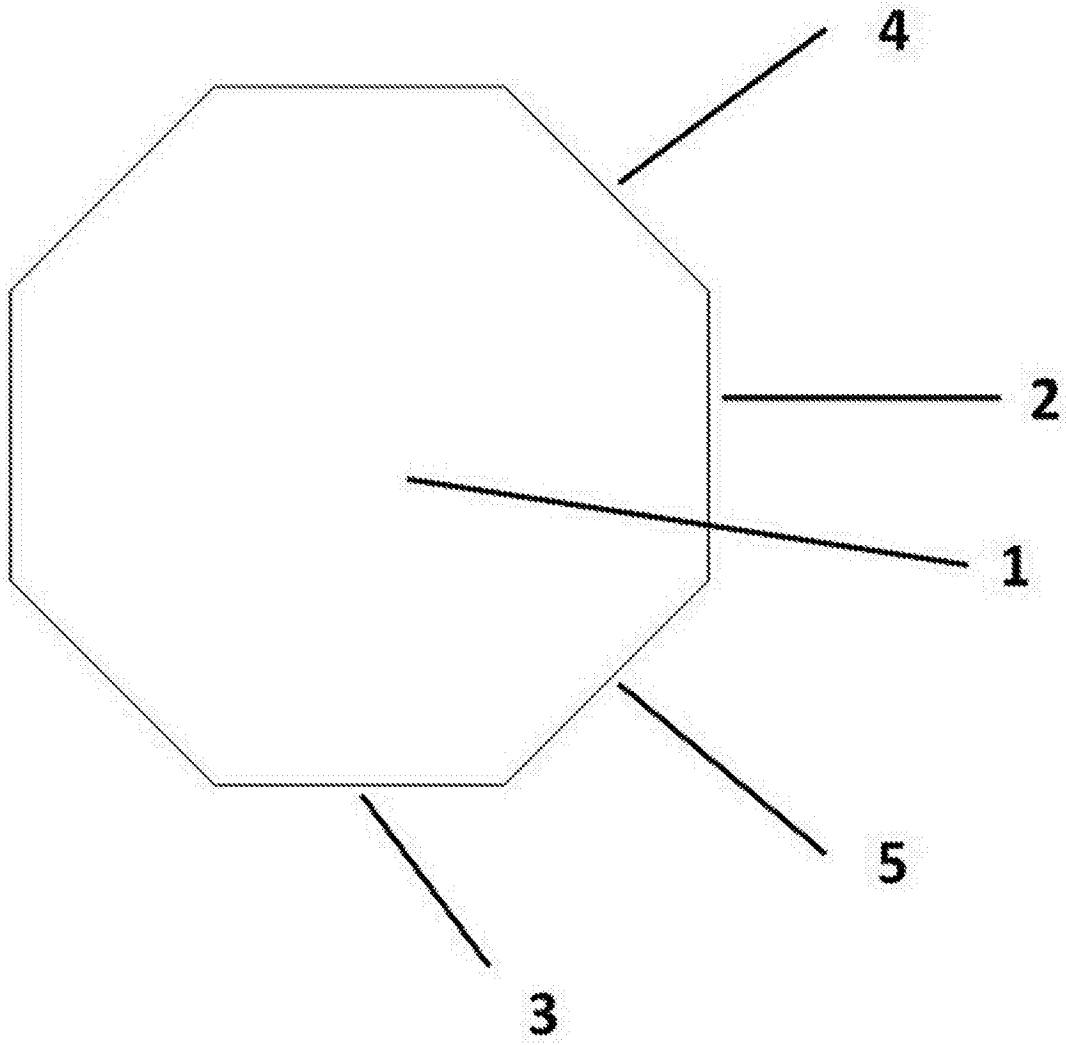


图2