



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114231802 A

(43) 申请公布日 2022.03.25

(21) 申请号 202111486903.1

(22) 申请日 2021.12.07

(71) 申请人 包头稀土研究院

地址 014030 内蒙古自治区包头市稀土高新区黄河大街36号

(72) 发明人 陈志强 胡文鑫 马少博 王玮
杨正华 贾锦玉 刘峰 何伟

(74) 专利代理机构 北京康盛知识产权代理有限公司 11331

代理人 张良

(51) Int. Cl.

G22C 21/08 (2006.01)

G22C 1/03 (2006.01)

G22C 1/06 (2006.01)

G22C 21/02 (2006.01)

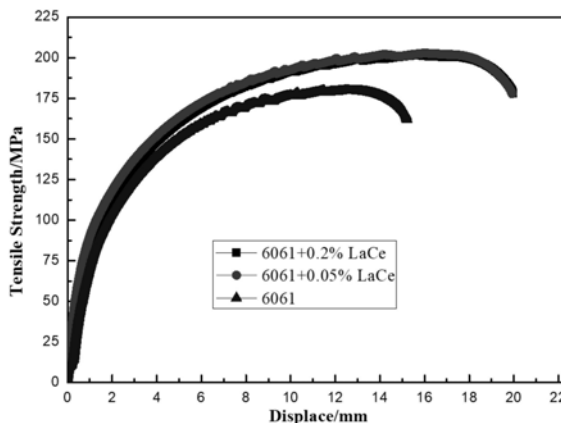
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

锻造铝合金轮毂用稀土铝合金棒材及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种锻造铝合金轮毂用稀土铝合金棒材,包括以下质量分数的各组分:Si 0.6~0.8%,Fe 0.15~0.25%,Cu 0.2~0.3%,Mn 0.06~0.10%,Mg 0.8~1.2%,Cr 0.2~0.3%,Zn≤0.05%,Ti 0.02~0.06%,LaCe混合稀土0.05~0.20%,余量为Al。本发明还公开了一种锻造铝合金轮毂用稀土铝合金棒材的制备方法。本发明通过向铝合金中加入一定比例混合的镧铈稀土元素,稀土铝合金棒材的合金组织得到改善,强度和塑性得到提高。



1. 一种锻造铝合金轮毂用稀土铝合金棒材,其特征在于,包括以下质量分数的各组分: Si 0.6~0.8%, Fe 0.15~0.25%, Cu 0.2~0.3%, Mn 0.06~0.10%, Mg 0.8~1.2%, Cr 0.2~0.3%, Zn ≤ 0.05%, Ti 0.02~0.06%, LaCe混合稀土0.05~0.20%, 余量为Al。

2. 如权利要求1所述的锻造铝合金轮毂用稀土铝合金棒材,其特征在于,稀土镧铈比例为La:Ce=1: (0.5~2)。

3. 如权利要求1所述的锻造铝合金轮毂用稀土铝合金棒材,其特征在于,镁硅比1.35~1.55,单个杂质 ≤ 0.05%, 杂质总量 ≤ 0.15%。

4. 如权利要求1~3任一项所述的锻造铝合金轮毂用稀土铝合金棒材的制备方法,其特征在于,合金化过程中加入铝镧铈中间合金。

5. 如权利要求4所述的锻造铝合金轮毂用稀土铝合金棒材的制备方法,其特征在于,制备铝镧铈中间合金的步骤包括:

将铝金属置于中频感应炉设备中进行加热,待完全熔化后,继续加热到830-850℃并保持温度稳定;

向铝液中添加稀土金属镧铈,待稀土金属镧铈完全熔化后保温,保温后除气除渣处理;

待除气除渣完毕后,将熔体温度降至750-800℃并保持温度恒定,静置后浇注到金属模具中,制得铝镧铈中间合金的铸锭。

6. 如权利要求5所述的锻造铝合金轮毂用稀土铝合金棒材的制备方法,其特征在于,稀土金属镧铈的比例La:Ce=1: (0.5~2)。

7. 如权利要求5所述的锻造铝合金轮毂用稀土铝合金棒材的制备方法,其特征在于,铝镧铈中间合金中,稀土LaCe含量以重量百分比计,镧铈总量10%~20%,稀土镧铈比例为La:Ce=1: (0.5~2)。

8. 如权利要求4所述的锻造铝合金轮毂用稀土铝合金棒材的制备方法,其特征在于,制备稀土合金铸棒的步骤包括:

将铝锭投入加温至720~750℃进行熔化;

铝液温度在725±25℃时将打渣剂均匀撒入炉内,并充分搅拌5~10分钟,将铝液表面浮渣扒除;

铝液温度为730~750℃时进行合金化,熔体温度720~740℃时采用氩气喷粉精炼,喷粉精炼剂用量为1~2公斤/吨铝,精炼时间为40~60分钟;

熔体温度为720~750℃时通过半连续铸造机铸成圆棒,浇铸过程中通过喂丝机在流槽加入铝钛硼丝进行铸棒晶粒细化;

得到的稀土合金铸棒加热到570±10℃,保温8~10小时后进入冷却室采用喷雾冷却,得到均质后的含稀土6061铸棒。

9. 如权利要求8所述的锻造铝合金轮毂用稀土铝合金棒材的制备方法,其特征在于,喂丝速度为2m/min~3m/min,在流槽中进行在线精炼,通过在线除气机将氩气含量99.7%以上氩气通入合金液中;采用孔隙度30ppi和50ppi的双层陶瓷过滤板过滤,进一步净化熔体,最后得到稀土铝合金铸棒。

10. 如权利要求8所述的锻造铝合金轮毂用稀土铝合金棒材的制备方法,其特征在于, Mg、Zn以纯金属形式添加,Cu、Mn、Cr、Ti、Si、Fe以中间合金方式加入,最后加入铝镧铈中间合金,搅拌10~15分钟使熔体内各成分均匀混合;中间合金选用:Al-Si合金、Al-Fe合金、

Al-Cu合金、Al-Mn合金、Al-Cr合金或者Al-Ti合金。

锻造铝合金轮毂用稀土铝合金棒材及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于铝合金材料及其制造领域,具体涉及一种锻造铝合金轮毂用6061稀土铝合金棒材及其制备方法。

背景技术

[0002] 6061铝合金是经热处理预拉伸工艺生产的高品质铝合金产品,化学成分(单位:%)铜Cu:0.15~0.4,锰Mn:0.15,镁Mg:0.8~1.2,锌Zn:0.25,铬Cr:0.04~0.35,钛Ti:0.15,硅Si:0.4~0.8,铁Fe:0.7,余量为铝Al。锻造轮毂所用的坯料均来自半连续铸造生产的铝合金铸棒。随我国科技进步和产、学、研的结合,铝合金铸棒生产质量得到了很大的提高,但其质量与国外先进水平相比较,还有较大差距,突出的问题是性能的均匀性和稳定性低,组织晶粒较大。铝合金在锻造时的主要缺陷有裂纹、填充不满、折叠、流线紊乱、粗晶等。锻件的形状一般都比较复杂,因此铝合金的变形特性很难把握,同时整个锻造过程中的不可见,难于控制的因素、缺陷较多,导致有些缺陷的成因很难解释清楚。但优良的铸造质量是确保后续深加工产品质量和提高了铝合金产品质量的前提。因此,寻求一种有效的方式对6061合金进行改性处理一直是亟待突破的难点。

[0003] 目前我国用于锻造铝合金产品生产的铸棒,与国外半连续生产的铸棒(平均晶粒尺寸约70-80 μm)相比,普遍存在晶粒较粗,普遍在100 μm 左右。晶粒粗大导致铸棒塑性成型能力下降、挤压速度降低、挤压力增加、模具寿命降低、生产周期长、成本增加等一系列问题。例如国外6061挤压型材一套挤压模具可挤压约100吨型材,而国内由于6061原始挤压铸锭坯组织控制问题,成分控制问题,挤压不到20吨型材,就需要更换挤压模具。6061锻造轮毂由于原始坯料晶粒粗大,不均匀,造成后期锻造出来的轮毂应力太大,废品率太高,部分轮毂寿命短。

[0004] 细化晶粒组织对锻件的硬度、塑性、抗腐蚀性、疲劳极限、断裂韧性及外观均有良好的影响,因此如何控制锻件的晶粒度一直是锻造研究工作的重要课题。而原始坯料的晶粒尺寸直接影响最终锻件的质量,除了严格控制生产工艺和熔体杂质含量,晶粒细化也是得到高质量铝合金坯料的关键。为了得到更加细小和均匀的晶粒组织,往往在半连续铸造过程中加入晶粒细化AlTiB,但由于目前国产AlTiB质量不稳定,细化效果不佳。进口AlTiB质量稳定,但价格高,细化效果有限,难以达到国外6061终端材料的晶粒尺寸。因此,高质量6061合金还是严重依赖进口,技术上极为被动。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种锻造铝合金轮毂用稀土铝合金棒材及其制备方法,通过向铝合金中加入一定比例混合的镧铈稀土元素,稀土铝合金棒材的合金组织得到改善,强度和塑性得到提高。

[0006] 为达到上述目的,本发明使用的技术解决方案是:

[0007] 锻造铝合金轮毂用稀土铝合金棒材,包括以下质量分数的各组分:Si 0.6~

0.8%, Fe 0.15~0.25%, Cu 0.2~0.3%, Mn 0.06~0.10%, Mg 0.8~1.2%, Cr 0.2~0.3%, Zn ≤ 0.05%, Ti 0.02~0.06%, LaCe混合稀土0.05~0.20%, 余量为Al。

[0008] 进一步, 稀土镧铈比例为La:Ce=1: (0.5~2)。

[0009] 进一步, 镁硅比1.35~1.55, 单个杂质≤0.05%, 杂质总量≤0.15%。

[0010] 锻造铝合金轮毂用稀土铝合金棒材的制备方法, 合金化过程中加入铝镧铈中间合金。

[0011] 优选的, 制备铝镧铈中间合金的步骤包括:

[0012] 将铝金属置于中频感应炉设备中进行加热, 待完全熔化后, 继续加热到830-850℃并保持温度稳定;

[0013] 向铝液中添加稀土金属镧铈, 待稀土金属镧铈完全熔化后保温, 保温后除气除渣处理;

[0014] 待除气除渣完毕后, 将熔体温度降至750-800℃并保持温度恒定, 静置后浇注到金属模具中, 制得铝镧铈中间合金的铸锭。

[0015] 优选的, 稀土金属镧铈的比例La:Ce=1: (0.5~2)。

[0016] 优选的, 铝镧铈中间合金中, 稀土LaCe含量以重量百分比计, 镧铈总量10%~20%, 稀土镧铈比例为La:Ce=1: (0.5~2)。

[0017] 优选的, 制备稀土合金铸棒的步骤包括:

[0018] 将铝锭投入加温至720~750℃进行熔化;

[0019] 铝液温度在725±25℃时将打渣剂均匀撒入炉内, 并充分搅拌5~10分钟, 将铝液表面浮渣扒除;

[0020] 铝液温度为730~750℃时进行合金化, 熔体温度720~740℃时采用氩气喷粉精炼, 喷粉精炼剂用量为1~2公斤/吨铝, 精炼时间为40~60分钟;

[0021] 熔体温度为720~750℃时通过半连续铸造机铸成圆棒, 浇铸过程中通过喂丝机在流槽加入铝钛硼丝进行铸棒晶粒细化;

[0022] 得到的稀土合金铸棒加热到570±10℃, 保温8~10小时后进入冷却室采用喷雾冷却, 得到均质后的含稀土6061铸棒。

[0023] 优选的, 喂丝速度为2m/min~3m/min, 在流槽中进行在线精炼, 通过在线除气机将氩气含量99.7%以上氩气通入合金液中; 采用孔隙度30ppi和50ppi的双层陶瓷过滤板过滤, 进一步净化熔体, 最后得到稀土铝合金铸棒。

[0024] 优选的, Mg、Zn以纯金属形式添加, Cu、Mn、Cr、Ti、Si、Fe以中间合金方式加入, 最后加入铝镧铈中间合金, 搅拌10~15分钟使熔体内各成分均匀混合; 中间合金选用: Al-Si合金、Al-Fe合金、Al-Cu合金、Al-Mn合金、Al-Cr合金或者Al-Ti合金。

[0025] 本发明技术效果包括:

[0026] 1、本发明通过向铝合金中加入一定比例混合的镧铈(La、Ce)稀土元素, 并采用合适的铸造工艺和热处理工艺, 成功获得了合金组织得到改善, 强度和塑性得到提高的6061铝合金棒材。

[0027] 2、本发明在国标GB/T3191-2010中规定的6061铝合金基础上, 严格控制了Cr和Mn元素的加入范围, 以及Mg/Si比例, 同时加入了特定比例混合的镧铈稀土元素。

[0028] Cr和Mn在铝合金中起到了遏制晶粒长大的作用。

[0029] 特定比例混合的镧铈稀土能造成更大的成分过冷,有利于细化 α -Al晶粒。另外,稀土元素的加入还能减小 Mg_2Si 相尺寸,将针状有害相 β -AlFeSi转变成颗粒状的 α -AlFeSi相,减小对基体的割裂作用。同时稀土还能与Fe形成多种复杂的化合物(AlFeSi、AlFeSiREMg、AlSiRE等),从而降低晶界周围的富铁相杂质,净化晶界。

[0030] 通过上述作用,提高6061半连续铸棒强度和延伸率,最终6061铸棒表面质量好,抗拉强度可达180MPa以上,延伸率达到30%以上。

[0031] 3、本发明通过工艺控制和热处理工艺提高了合金的力学性能,使得6061稀土铝合金半连续铸棒的抗拉强度达180MPa以上,延伸率达到30%以上,晶粒尺寸达到72 μ m,满足了该合金在锻造铝合金轮毂行业中的应用。

附图说明

[0032] 图1a是本发明对比例中6061铝合金的金相组织图;

[0033] 图1b是本发明实施例1中含有0.05%LaCe的6061铝合金半连续铸棒的金相组织图。

[0034] 图1c是本发明实施例2中含有0.2%LaCe的6061铝合金半连续铸棒的金相组织图。

[0035] 图2是本发明实施例1-3中铸棒拉伸测试曲线图。

具体实施方式

[0036] 以下描述充分地示出本发明的具体实施方案,以使本领域的技术人员能够实践和再现。应当理解,此处所描述的优选实施例仅用于说明和解释本发明,并不用于限定本发明。

[0037] 锻造铝合金轮毂用稀土铝合金棒材的制备方法,具体步骤如下:

[0038] 步骤1:制备铝镧铈中间合金;

[0039] 步骤11:将铝金属(工业纯铝)置于中频感应炉设备中进行加热,待完全熔化后,继续加热到830-850 $^{\circ}$ C并保持温度稳定;

[0040] 步骤12:向铝液中添加一定比例混合的稀土金属镧铈,待稀土金属镧铈完全熔化后保温(保温半小时),保温后除气除渣处理;

[0041] 步骤13:待除气除渣完毕后,将熔体温度降至750-800 $^{\circ}$ C并保持温度恒定,静置5分钟后,浇注到金属模具中,制得铝镧铈中间合金的铸锭。

[0042] 铝镧铈中间合金中,稀土LaCe含量以重量百分比计,镧铈总量10%~20%,稀土镧铈比例为La:Ce=1:(0.5~2)。

[0043] 步骤2:制备稀土合金铸棒;

[0044] 步骤21:将铝锭投入加温至720~750 $^{\circ}$ C进行熔化;

[0045] 步骤22:铝液温度在725 \pm 25 $^{\circ}$ C时将打渣剂均匀撒入炉内,并充分搅拌5~10分钟,其中打渣剂的加入量按合金总量的0.03%加入,并将铝液表面浮渣扒除;

[0046] 步骤23:铝液温度为730~750 $^{\circ}$ C时进行合金化;

[0047] Mg、Zn以纯金属形式添加,Cu、Mn、Cr、Ti、Si、Fe以中间合金方式加入,最后加入铝镧铈中间合金,搅拌10~15分钟使熔体内各成分均匀混合。在上述熔炼设备为燃气炉或电弧炉。

[0048] 稀土中间合金添加顺序为精炼之前,其他合金添加完毕后进行添加稀土中间合金,从而尽量减小稀土元素烧损。

[0049] 步骤24:熔体温度720~740℃时采用氩气喷粉精炼,精炼时间为40~60分钟;

[0050] 氩气纯度99.7%以上,喷粉精炼剂用量为1~2公斤/吨铝;精炼完后将液面浮渣扒除;精炼后熔体静置20~30分钟。

[0051] 步骤25:熔体温度为720~750℃时通过半连续铸造机铸成 ϕ 254mm的圆棒。

[0052] 浇铸过程中通过喂丝机在流槽加入铝钛硼丝进行铸棒晶粒细化,喂丝速度为2m/min~3m/min;在流槽中进行在线精炼,通过在线除气机将高纯氩气通入合金液中,氩气含量99.7%以上;最后采用孔隙度30ppi和50ppi的双层陶瓷过滤板过滤,进一步净化熔体,最后铸锭得到稀土铝合金铸棒。

[0053] 步骤3:均匀化处理。

[0054] 将得到的稀土合金铸棒加热到 $570\pm 10^{\circ}\text{C}$,保温8~10小时后,进入冷却室采用喷雾冷却,得到均质后的含稀土6061铸棒。

[0055] 锻造铝合金轮毂用6061稀土铝合金棒材,包括以下质量分数的各组分:Si 0.6~0.8%;Fe 0.15~0.25%;Cu 0.2~0.3%;Mn 0.06~0.10%;Mg 0.8~1.2%;Cr 0.2~0.3%;Zn \leq 0.05%;Ti 0.02~0.06%;LaCe混合稀土0.05~0.20%;镁硅比1.35~1.55;单个杂质 \leq 0.05%,杂质总量 \leq 0.15%,余量为Al。

[0056] 对比例:制备不含稀土的6061铝合金半连续铸棒。

[0057] 熔化:将铝锭投入炉内加温至720~750℃进行熔化;

[0058] 打渣:温度在 $725\pm 25^{\circ}\text{C}$ 时将打渣剂均匀的撒入炉内并充分搅拌5~10分钟,其中打渣剂的加入量按合金总量的0.03%加入,并将铝液表面浮渣扒除;

[0059] 合金化:熔体温度为730~750℃时加入铜、硅、锰、铁、钛、镁、铬、锌等,以上元素除镁和锌以纯金属形式添加,其余均以中间合金方式加入,中间合金加入顺序不分先后;加入合金后搅拌10~15分钟使熔体内各成分均匀混合;

[0060] 精炼:熔体温度720~740℃时采用高纯氩气喷粉精炼,其中氩气含量99.7%以上;精炼时间为40~60分钟,喷粉精炼剂用量为1~2公斤/吨铝;精炼完后将液面浮渣扒除;精炼后熔体静置20~30分钟;

[0061] 铸造:熔体温度为720~750℃时通过半连续铸造机铸成 ϕ 254mm的圆棒;浇铸过程中通过喂丝机在流槽加入铝钛硼丝进行铸棒晶粒细化,喂丝速度为2m/min~3m/min;在流槽中进行在线精炼,通过在线除气机将高纯氩气通入合金液中,氩气含量99.7%以上;最后采用30ppi和50ppi双层陶瓷过滤板过滤,进一步净化熔体,最后得到铸棒;

[0062] 均匀化处理:将上步得到的铸棒加热到 $570\pm 10^{\circ}\text{C}$,保温8~10小时后,进入冷却室采用喷雾冷却,得到均质后的含稀土6061铸棒。

[0063] 实施例1:制备含0.05%LaCe的6061铝合金半连续铸棒。

[0064] 熔化:将铝锭投入炉内加温至720~750℃进行熔化;

[0065] 打渣:温度在 $725\pm 25^{\circ}\text{C}$ 时将打渣剂均匀的撒入炉内并充分搅拌5~10分钟,其中打渣剂的加入量按合金总量的0.03%加入,并将铝业表面浮渣扒除;

[0066] 合金化:熔体温度为730~750℃时加入铜、硅、锰、铁、钛、镁、铬、锌、镧铈混合稀土,以上元素除镁和锌以纯金属形式添加,其余均以中间合金方式加入,其中铝镧铈中间合

金最后加入,镧铈中间合金重量占总重量的0.05%,镧铈稀土比例为1:1,其他中间合金加入顺序不分先后;加入合金后搅拌10~15分钟使熔体内各成分均匀混合;

[0067] 精炼:熔体温度720~740℃时采用高纯氩气喷粉精炼,其中氩气含量99.7%以上;精炼时间为40~60分钟,喷粉精炼剂用量为1~2公斤/吨铝;精炼完后将液面浮渣扒除;精炼后熔体静置20~30分钟;

[0068] 铸造:熔体温度为720~750℃时通过半连续铸造机铸成 Φ 254mm的圆棒;浇铸过程中通过喂丝机在流槽加入铝钛硼丝进行铸棒晶粒细化,喂丝速度为2m/min~3m/min;在流槽中进行在线精炼,通过在线除气机将高纯氩气通入合金液中,氩气含量99.7%以上;最后采用30ppi和50ppi双层陶瓷过滤板过滤,进一步净化熔体,最后得到铸棒。

[0069] 均匀化处理:将上步得到的铸棒加热到 $570\pm 10^{\circ}\text{C}$,保温8~10小时后,进入冷却室采用喷雾冷却,得到均质后的含稀土6061铸棒。

[0070] 实施例2:制备含0.2%LaCe的6061铝合金半连续铸棒。

[0071] 熔化:将铝锭投入炉内加温至720~750℃进行熔化;

[0072] 打渣:温度在 $725\pm 25^{\circ}\text{C}$ 时将打渣剂均匀的撒入炉内并充分搅拌5~10分钟,其中打渣剂的加入量按合金总量的0.03%加入,并将铝业表面浮渣扒除;

[0073] 合金化:熔体温度为730~750℃时加入铜、硅、锰、铁、钛、镁、铬、镧铈混合稀土,以上元素除镁和锌以纯金属形式添加,其余均以中间合金方式加入,其中铝镧铈中间合金最后加入,镧铈中间合金重量占总重量的0.2%,镧铈稀土比例为1:1,其他中间合金加入顺序不分先后;加入合金后搅拌10~15分钟使熔体内各成分均匀混合;

[0074] 精炼:熔体温度720~740℃时采用高纯氩气喷粉精炼,其中氩气含量99.7%以上;精炼时间为40~60分钟,喷粉精炼剂用量为1~2公斤/吨铝;精炼完后将液面浮渣扒除;精炼后熔体静置20~30分钟;

[0075] 铸造:熔体温度为720~750℃时通过半连续铸造机铸成 Φ 254mm的圆棒;浇铸过程中通过喂丝机在流槽加入铝钛硼丝进行铸棒晶粒细化,喂丝速度为2m/min~3m/min;在流槽中进行在线精炼,通过在线除气机将高纯氩气通入合金液中,氩气含量99.7%以上;最后采用30ppi和50ppi双层陶瓷过滤板过滤进一步净化熔体,最后得到铸棒。

[0076] 均匀化处理:将上步得到的铸棒加热到 $570\pm 10^{\circ}\text{C}$,保温8~10小时后,进入冷却室采用喷雾冷却,得到均质后的含稀土6061铸棒。

[0077] 从实施例1-3中得到的6061铝合金半连续铸棒材中分别取样,经打磨、抛光、腐蚀后,在光学显微镜下观察合金的微观组织和晶粒度。

[0078] 如图1a所示,是本发明对比例中6061铝合金的金相组织图。如图1b所示,是本发明实施例1中含有0.05%LaCe的6061铝合金半连续铸棒的金相组织图。如图1c所示,是本发明实施例2中含有0.2%LaCe的6061铝合金半连续铸棒的金相组织图。

[0079] 从图1a未添加稀土的6061晶粒度约为 $135\mu\text{m}$ 。

[0080] 从图1b、图1c可看出,添加稀土后,合金组织黑点较少,晶粒尺寸更细小。添加0.05%和0.2%的特定比例的镧铈混合稀土后,合金晶粒度分别达到 $72\mu\text{m}$ 和 $73\mu\text{m}$ 。

[0081] 如图2所示,是本发明实施例1-3中铸棒拉伸测试曲线图。

[0082] 从图2拉伸测试结果可看出,添加稀土后的6061铝合金铸棒抗拉强度和延伸率明显提高,其中添加0.05%的1:1镧铈混合稀土的6061铸棒抗拉强度可达201MPa,延伸率达到

30.9%。

[0083] 从得到的6061铝合金半连续铸棒实物对比,可清晰的看到6061稀土铝合金半连续铸棒表面光滑,无肉眼可见的表面缺陷。

[0084] 本发明所用的术语是说明和示例性、而非限制性的术语。由于本发明能够以多种形式具体实施而不脱离发明的精神或实质,所以应当理解,上述实施例不限于任何前述的细节,而应在随附权利要求所限定的精神和范围内广泛地解释,因此落入权利要求或其等效范围内的全部变化和改型都应随附权利要求所涵盖。

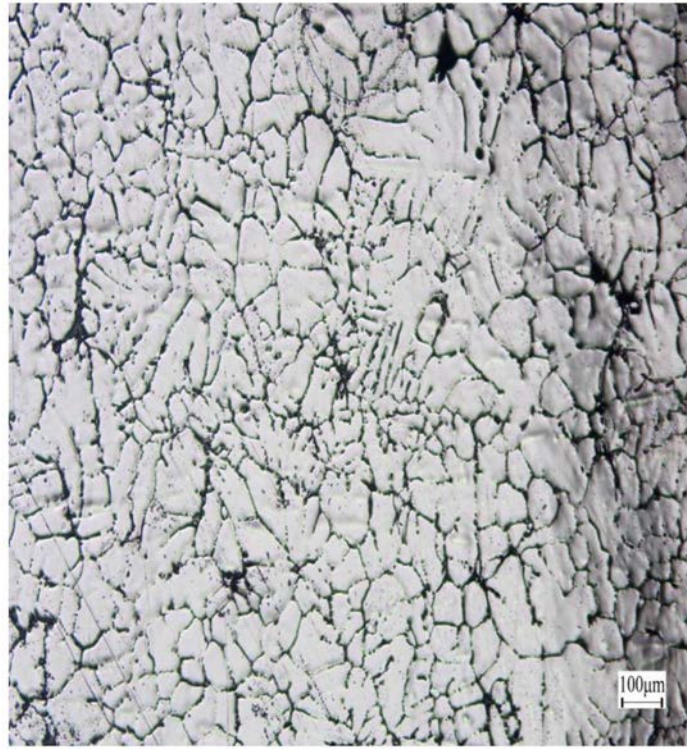


图1a

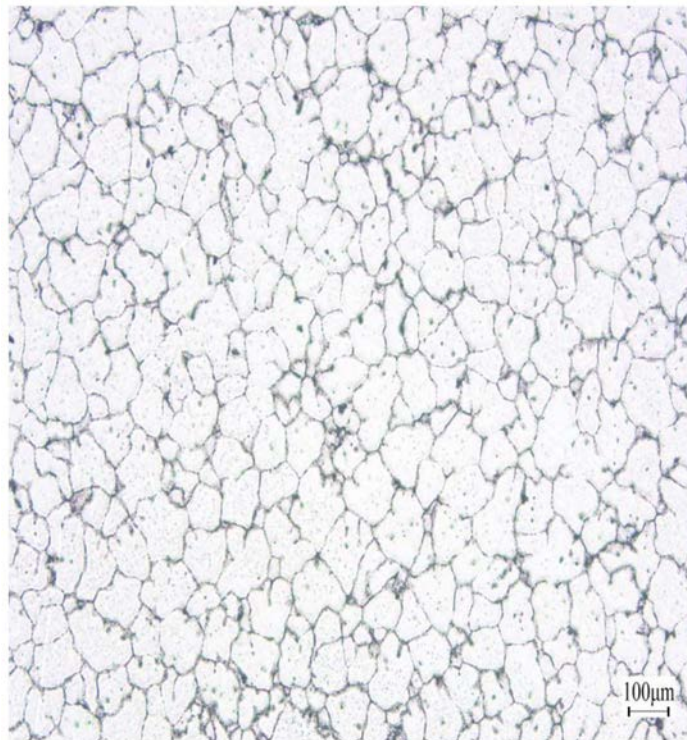


图1b

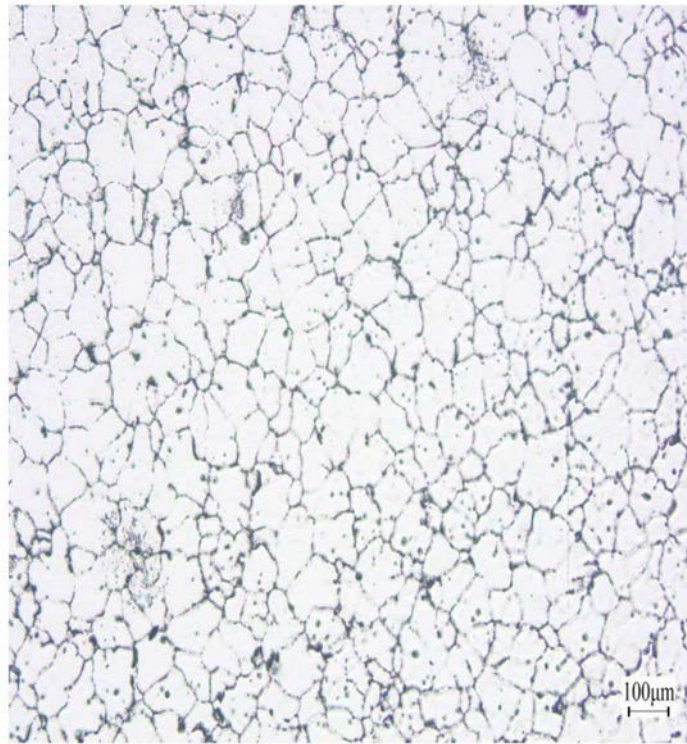


图1c

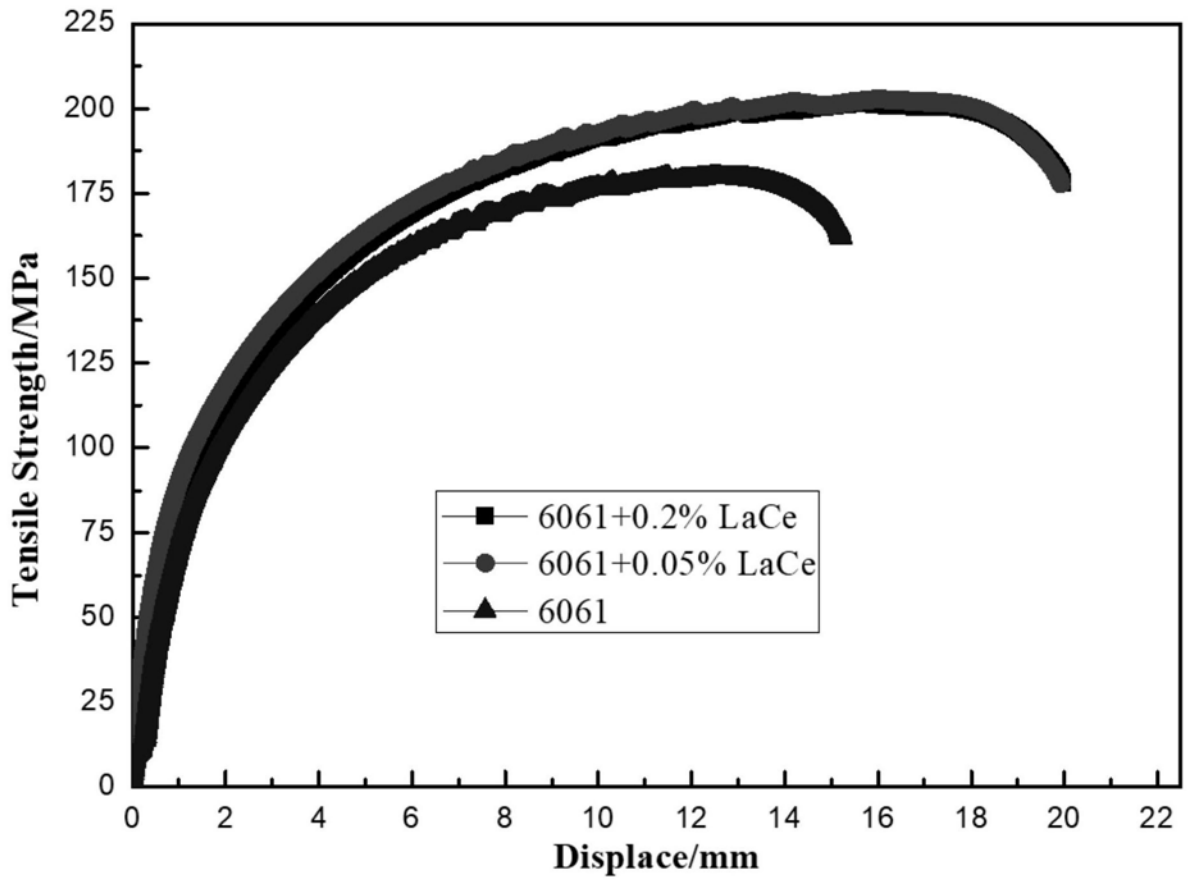


图2