



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108385008 B

(45) 授权公告日 2023.06.30

(21) 申请号 201810330957.0
 (22) 申请日 2018.04.13
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 108385008 A
 (43) 申请公布日 2018.08.10
 (73) 专利权人 东北大学
 地址 110819 辽宁省沈阳市和平区文化路3
 号巷11号
 专利权人 鹤壁昌宏镁业有限公司
 (72) 发明人 乐启焱 李玉岗 胡克 陈金刚
 廖启宇 王彬錡
 (74) 专利代理机构 沈阳东大知识产权代理有限
 公司 21109
 专利代理师 梁焱

(51) Int. Cl.
 G22C 23/04 (2006.01)
 G22C 1/03 (2006.01)
 G22F 1/06 (2006.01)
 B22D 11/00 (2006.01)
 B21C 37/06 (2006.01)
 B21C 25/02 (2006.01)
 B21C 29/00 (2006.01)

(56) 对比文件
 CN 105755340 A, 2016.07.13
 CN 107486477 A, 2017.12.19
 审查员 章平

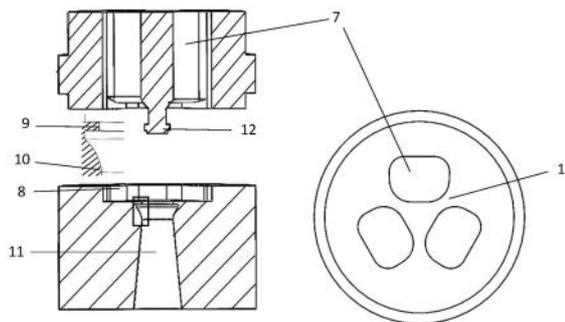
权利要求书2页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

中强度高吸能镁合金及可深度冷弯管材的制备装置和方法

(57) 摘要

一种中强度高吸能镁合金及可深度冷弯管材的制备装置和方法,属于金属材料技术及冶金技术领域;镁合金成分按质量百分比分别为:Zn:1.5~2.2%,Ce:0.2~0.7%,La:0.1~0.2%,Mn:0.3~0.9%,Zr:0.06~0.6%,Ca:0.1~0.3%,Al:0.5~1%,余量为Mg及杂质;其中,按质量百分比,Ce:La=(2~7):1,Mn:Zr=(1.5~5):1,杂质Fe<0.003%;该装置包括中空的挤压杆、分流挤压上模、分流挤压下模、挤压筒、挤压垫片和涡轮增压冷却系统;方法:1)将原料进行熔炼,对熔体进行净化处理;2)将熔体降温至680~700℃进行半连续铸造;3)将经过均匀化处理和预处理后的镁合金棒材,进行分流挤压,制得可深度冷弯高吸能镁合金管材。



1. 一种中强度高吸能镁合金的可深度冷弯管材的制备方法,其特征在于,具体步骤如下:

步骤1,熔炼:

(1) 在溶剂保护下,将金属镁在730~740℃熔化后,按镁合金配比计算加入先加入Zn和Al,再同时加入MnCl₂颗粒和Mg-Zr中间合金;其中,Zn、Al的添加无先后顺序要求;

(2) 将熔体降温至705~715℃,镁合金配比计算加入Mg-Ca中间合金、Mg-Ce中间合金和Mg-La中间合金;其中:Mg-Ca中间合金、Mg-Ce中间合金、Mg-La中间合金的添加无先后顺序要求;

(3) 对熔体进行净化处理;

步骤2,半连续铸造:

将熔体降温至680~700℃进行半连续铸造,励磁线圈安匝数5000~7500AT,电磁频率20~50Hz,铸造速度为80~200mm/min,水量为11~19m³/h,得到镁合金铸造棒材;

步骤3,分流挤压:

(1) 均匀化处理:将镁合金铸造棒材在330~420℃保温8~14h;

(2) 对均匀化处理后镁合金棒材,进行分流挤压前预处理;

(3) 将预处理后的镁合金棒材,进行分流挤压,挤压参数符合下表,制得可深度冷弯高吸能镁合金管材;

X (挤压比)	T (挤压温度/℃)	挤压出口速度 m/min
30 ≤ X < 40	330 ≤ T < 360	5~7
	360 ≤ T < 380	4~5
	380 ≤ T < 420	3~4
40 ≤ X < 50	330 ≤ T < 360	5~6
	360 ≤ T < 380	4~5
	380 ≤ T < 420	3~4
50 ≤ X < 80	380 ≤ T ≤ 400	4~5

所述镁合金的成分按质量百分比分别为:Zn:1.5~2.2%,Ce:0.2~0.7%,La:0.1~0.2%,Mn:0.3~0.9%,Zr:0.06~0.6%,Ca:0.1~0.3%,Al:0.5~1%,余量为Mg及杂质;其中,按质量百分比,Ce:La=(2~7):1,Mn:Zr=(1.5~5):1,杂质Fe<0.003%。

2. 根据权利要求1所述的中强度高吸能镁合金的可深度冷弯管材的制备方法,其特征在于,所述步骤2中,镁合金棒材的横截面直径为Φ100~200mm。

3. 根据权利要求1所述的中强度高吸能镁合金的可深度冷弯管材的制备方法,其特征在于,所述步骤3中,分流挤压前预处理为定尺和扒皮。

4. 根据权利要求1所述的中强度高吸能镁合金的可深度冷弯管材的制备方法,其特征在于,所述步骤3中,镁合金铸造棒材进行挤压前,采用二硫化钼锂基润滑脂作为润滑剂,均

匀涂抹在棒材表面和挤压筒的内壁上。

5. 根据权利要求1所述的中强度高吸能镁合金的可深度冷弯管材的制备方法,其特征在于,所述步骤3中,可深度冷弯高吸能镁合金管材的横截面直径为 $\Phi 15\sim 25.4\text{mm}$,壁厚为 $1.8\sim 5\text{mm}$ 。

6. 一种应用于权利要求1所述的中强度高吸能镁合金的可深度冷弯管材的制备方法的装置,其特征在于,该装置包括中空的挤压杆、分流挤压上模、分流挤压下模、挤压筒、挤压垫片和涡轮增压冷却系统;挤压筒装配在挤压底座上,挤压筒内底部装配有挤压杆,挤压垫片连接在挤压杆上,分流挤压模具设在挤压筒出口处,涡轮增压冷却系统设在挤压模具出口处;分流挤压上模上设有分流孔、直口分流桥、模芯;分流孔是金属通往型孔的通道,分流桥是支撑模芯的支架,模芯用来形成型材内腔的形状和尺寸,分流孔使用内侧半圆外侧半椭圆设计,分流孔所占面积比为 $0.3\sim 0.6$;分流挤压下模上设有焊合室、模孔型腔、直口工作带、喇叭口工作带;工作带使用直口和喇叭口复合设计,其直口工作带直径与喇叭口工作带直径之比为 $1.05\sim 1.20$,工作带长 $3\sim 5\text{mm}$ 。

中强度高吸能镁合金及可深度冷弯管材的制备装置和方法

技术领域

[0001] 本发明属于金属材料技术及冶金技术领域,具体涉及一种中强度高吸能镁合金及可深度冷弯管材的制备装置和方法。

背景技术

[0002] 镁合金具有密度小、比强度高以及减振性、电磁屏蔽性和机械加工性能优良等优点,是结构轻量化的理想材料。镁合金挤压管材是变形镁合金结构件生产的重要大宗产品形式,可广泛应用于自行车、轮椅、沙滩椅、户外家具、体育器材等民用领域,也可广泛应用于航空航天和军工等领域。但是,管构件生产时,很多情况下涉及挤压管材的弯曲和变径(扩径或缩径)等二次塑性成形工序。

[0003] 金属镁及其合金(除Mg-Li基合金外)为密排六方晶格结构,独立滑移系少,塑性差,导致塑性成形性差,无论其管材挤压还是管材的弯曲等二次成形均要求在加热到较高的温度下进行,而且由于镁合金材料的力学性能还存在较显著的各向异性以及拉压屈服强度不对称性,常用的AZ系镁合金(如AZ31和AZ61等)即使在高温弯曲时也容易造成管材横向断裂或挤压焊合缝开裂。这些问题降低了镁合金管构件的成材率,显著提高了加工成本,降低了市场竞争力。

[0004] 良好塑性是高成形性的前提,但是即使塑性比镁合金优良的铝合金的管材进行冷弯时也常会发生断裂现象,即包括铝合金和镁合金在内,变形材的二次变形能力有赖于变形材制备过程的变形组织及其取向的良好控制。对于镁合金管材弯曲变形过程,不同部位分别承受拉应力与压应力,而镁合金有着显著的各向异性特点以及拉压不对称性。有研究表明,不加芯棒的 $\Phi 20$ AZ31镁合金挤压管常温下冷弯到 40° 时就将无法保持内径的一致性,继续变形则会被折断,而AZ31挤压方管弯曲约 30° 时即产生裂纹。因此,目前工业上镁合金管材包括弯曲和变径等二次变形多采用热加工方式,须在 250°C 或更高温度加热以期实现管材的良好二次成形。这不仅导致变形工艺与设备的复杂化,也显著影响管材构件的力学性能。

[0005] 大量研究表明向镁合金中加入适量稀土可以弱化织构,也有研究表明,向镁合金中少量添加重稀土元素Gd可以提高镁合金的塑性变形能力,但重稀土的价格昂贵,即使添加量不大也会大大提高其材料成本,而Ce,La、Sm等轻稀土这廉价得多,约为重稀土的五分之一。值得一提的是加入稀土后,是熔体净化,显著的增强了熔体的流动性,从而大大提高了镁合金的成材率。有研究指出,能够在不借助热处理或预拉伸的条件下实现大角度冷弯的镁合金一般很高的塑性和较低的屈强比,然而其较低的强度限制了其应用。

发明内容

[0006] 针对目前镁合金及其管材存在的问题,克服现有镁合金管材存在的二次加工成形性差,小径薄壁管不加芯棒无法保持弯曲变形处孔径一致性问题,本发明提供了一种中强度高吸能镁合金及可深度冷弯管材的制备装置和方法;该方法提供了一种具中等强度高

吸能的镁合金,同时提供了一种对应该镁合金的可深度冷弯管材的制备方法。

[0007] 本发明的高吸能镁合金,为Mg-Zn-Ce-La-Mn-Zr-Al-Ca系镁合金;其成分按质量百分比含有:Zn:1.5~2.2%,Ce:0.2~0.7%,La:0.1~0.2%,Mn:0.3~0.9%,Zr:0.06~0.6%,Ca:0.1~0.3%,Al:0.5~1%,余量为Mg及杂质;其中,按质量百分比,Ce:La=(2~7):1,Mn:Zr=(1.5~5):1,杂质Fe<0.003%。

[0008] 本发明的可深度冷弯管材的制备装置,其包括中空的挤压杆、分流挤压上模、分流挤压下模、挤压筒、挤压垫片和涡轮增压冷却系统;挤压筒装配在挤压底座上,挤压筒内底部装配有挤压杆,挤压垫片连接在挤压杆上,分流挤压模具设在挤压筒出口处,涡轮增压冷却系统设在挤压模具出口处,为制备镁合金管材进行冷却;

[0009] 所述的分流挤压上模上设有分流孔、直口分流桥、模芯;分流孔是金属通往型孔的通道,分流桥是支撑模芯的支架,模芯用来形成型材内腔的形状和尺寸,分流孔使用内侧半圆外侧半椭圆设计,分流孔所占面积比为0.3~0.6;

[0010] 所述的分流挤压下模上设有焊合室、模孔型腔、工作带;焊合室把分流孔流出来的金属汇集在一起重新焊合起来形成以模芯为中心的整体料,由于金属不断聚集,静压力不断增大,直到把金属挤压出模孔;为了保证挤压管材焊缝质量,工作带使用直口和喇叭口复合设计,其直口工作带直径与喇叭口工作带直径之比为1.05~1.20,工作带长3~5mm。

[0011] 本发明的可深度冷弯高吸能镁合金管材的制备方法,包括以下步骤:

[0012] 步骤1,熔炼:

[0013] (1) 在溶剂保护下,将金属镁在730~740℃熔化后,按镁合金配比计算加入先加入Zn和Al,再同时加入MnCl₂颗粒和Mg-Zr中间合金;其中,Zn、Al的添加无先后顺序要求;

[0014] (2) 将熔体降温至705~715℃,镁合金配比计算加入Mg-Ca中间合金、Mg-Ce中间合金和Mg-La中间合金;其中:Mg-Ca中间合金、Mg-Ce中间合金、Mg-La中间合金的添加无先后顺序要求;

[0015] (3) 对熔体进行净化处理;

[0016] 步骤2,半连续铸造:

[0017] 将熔体温度降至680~700℃进行电磁半连续铸造,制得镁合金铸造棒材;其中,铸造条件为:励磁线圈安匝数5000~7500AT,电磁频率20~50Hz,铸造速度为80~200mm/min,水量为11~19m³/h;

[0018] 步骤3,分流挤压:

[0019] (1) 均匀化处理:将镁合金铸造棒材在330~420℃保温8~14h;

[0020] (2) 对均匀化处理后镁合金棒材,进行分流挤压前预处理;

[0021] (3) 将预处理后的镁合金棒材,进行分流挤压,制得可深度冷弯高吸能镁合金管材;其中,挤压参数符合下表:

	X (挤压比)	T (挤压温度/°C)	挤压出口速度 m/min
[0022]	30 ≤ X < 40	330 ≤ T < 360	5~7
		360 ≤ T < 380	4~5
		380 ≤ T < 420	3~4
	40 ≤ X < 50	330 ≤ T < 360	5~6
		360 ≤ T < 380	4~5
		380 ≤ T < 420	3~4
50 ≤ X < 80	380 ≤ T ≤ 400	4~5	

[0023] 上述的可深度冷弯高吸能镁合金管材的制备方法,其中:

[0024] 所述步骤1中,溶剂为五号熔剂。

[0025] 所述步骤1中,熔炼采用阻熔炼炉或者燃气熔炼炉。

[0026] 所述步骤1中,将熔体降温至705~715°C加入中间合金,原因:其中,Ce、La和Ca的收率因随熔炼时间延长或熔体温度的升高而降低,且Ca的损失更大。

[0027] 所述步骤1中,中间合金的加入方式为通过悬吊的铁笼中进行浸熔。

[0028] 所述步骤1中,精炼采用五号熔剂。

[0029] 所述步骤2中,镁合金铸造棒材直径为Φ100~200mm。

[0030] 所述步骤3中,分流挤压前预处理为定尺和扒皮。

[0031] 本发明方法制得的可深度冷弯高吸能镁合金管材的横截面直径为Φ15~25.4mm,壁厚为1.8~5mm。

[0032] 与现有技术相比,本发明的特点和有益效果是:

[0033] (1) 本发明的中强度高吸能镁合金同时具有较高的屈服强度(最大为165MPa)和可深度冷弯的特点,其配方具有低Zn和低稀土合金化特点,并采用轻稀土的组合微量添加,同时采用Mn和Zr进行组合添加;

[0034] (2) 本发明采用正向分流挤压方法,通过挤压模的改进设计以及挤压工艺的合理控制,挤压出表面质量优良和焊合良好的不同截面的管材,所制备的镁合金管材可以实现深度冷弯不开裂。

[0035] (3) 本发明的中强度高吸能镁合金挤压管材具极为良好的深度冷弯成形性,相比于冷弯AZ31薄壁管不到50°即开裂,本合金冷弯达到90°甚至更高角度时亦能保持管型良好;

[0036] (4) 本发明使用Mn+Zr的方式对于熔体进行双重除铁,保证Fe<0.003%,并避免了Mn或Zr偏析对塑性的不良影响;

[0037] (5) 本发明使用分流挤压模具分流口采用内侧圆形外侧方形的的设计,增大了分流孔的截面积使焊合腔更易充满,并且减小挤压力;工作带采用直口和喇叭口的复合设计方案,保证在去除氧化皮和其他夹杂物的同时,又提升焊缝质量;

[0038] (6) 本发明使用廉价的Ce和La轻稀土微量组合添加,在保证镁合金材料低成本的前提下,实现了镁合金的二次冷成形性。

[0039] (7)本发明的中强度高吸能镁合金具有更小的弯曲变形极限强度和更长的吸能位移,其三点弯吸收的能量是AZ31的1.1~1.4倍。

[0040] (8)本发明使用涡轮增压冷却系统对出口处的高温挤压管材进行快速冷却,有效的阻止了晶粒长大,提高管材性能。

附图说明

[0041] 图1本发明实施例1制备的镁合金的a)典型铸造态组织,b)挤压态组织;

[0042] 图2薄壁管冷弯照片:a)对比用AZ31合金管材;b)本发明实施例1制备的镁合金;

[0043] 图3本发明镁合金分流挤压装置示意图;1:挤压杆;2:挤压筒;3:分流挤压模下模;4:分流挤压模上模;5:挤压垫片;6涡轮增压冷却系统;

[0044] 图4本发明镁合金挤压装置中挤压模具的结构示意图和分流孔截面图;其中7:分流孔;8:焊接腔;9:直口工作带;10:喇叭口工作带;11:模孔型腔;12:模芯;13:直口分流桥;

[0045] 图5本发明实施例1~4制备的镁合金挤压坯料照片;

[0046] 图6本发明实施例1~4制备的镁合金挤压棒材的拉伸试样尺寸图;

[0047] 图7本发明实施例3制备的实镁合金挤压管材的典型挤压组织SEM照片;

[0048] 图8本发明实施例3制备的典型镁合金挤压管材拉伸断口形貌;

[0049] 图9三点弯实验照片:a)对比用AZ31合金管材;b)本发明实施例4制备的镁合金挤压管材;

[0050] 图10本发明实施例4制备的镁合金挤压管材与AZ31合金管材的吸能-位移曲线;

具体实施方式

[0051] 以下实施例1~4中Mg、Zn、Al采用一级镁锭、锌锭、铝锭纯金属加入,Mn采用 $MnCl_2$ 加入,Zr、Ca、Ce和La采用中间合金加入加入,熔剂为市场购买。

[0052] 以下实施例1~4中吸能实验采用三点弯实验,标准参照GB/T 232-2010的板材三点弯标准。

[0053] 以下实施例1~4均采用可深度冷弯管材的制备装置如图3所示,包括中空的挤压杆1、挤压筒2、分流挤压上模3、分流挤压下模4、挤压垫片5和涡轮增压冷却系统6;挤压筒2装配在挤压底座上,挤压筒内底部装配有挤压杆1,挤压垫片5连接在挤压杆上1,分流挤压上模3和分流挤压下模4设在挤压筒2出口处,涡轮增压冷却系统6设在挤压模具出口处,为制备镁合金管材进行冷却;镁合金挤压装置中挤压模具的结构示意图和分流孔截面图如图4所示;

[0054] 所述的分流挤压上模上设有分流孔7、模芯12、直口分流桥13;分流孔7是金属通往型孔的通道,分流桥13是支撑模芯12的支架,模芯12用来成型材内腔的形状和尺寸,分流孔7使用内侧半圆外侧半椭圆设计,分流孔7所占面积比为0.3~0.6;

[0055] 所述的分流挤压下模上设有焊接室8、模孔型腔11、直口工作带9、喇叭口工作带10;焊接室8把分流孔7流出来的金属汇集在一起重新焊接起来形成以模芯12为中心的整体料,由于金属不断聚集,静压力不断增大,直到把金属挤压出模孔;为了保证挤压管材焊缝质量,工作带使用直口和喇叭口复合设计,其直口工作带9直径与喇叭口工作带10直径之比为1.05~1.20,工作带长3~5mm。

[0056] 以下实施例1~4制备的镁合金挤压坯料照片如图5所示。

[0057] 实施例1

[0058] 一种高吸能镁合金,为Mg-Zn-Ce-La-Mn-Zr-Al-Ca系镁合金;其成分按质量百分比含有:Zn:1.5%,Ce:0.4%,La:0.2%,Mn:0.5%,Zr:0.2%,Ca:0.2%,Al:0.5%,余量为Mg及杂质;其中,按质量百分比,Ce:La=2:1,Mn:Zr=2.5:1,杂质Fe<0.003%。

[0059] 本实施例的可深度冷弯高吸能镁合金管材的制备方法,包括以下步骤:

[0060] 步骤1,熔炼:

[0061] (1)在五号熔剂保护下,将金属镁在730℃熔化后,按镁合金配比计算加入先加入Zn和Al,再同时加入MnCl₂颗粒和Mg-Zr中间合金;其中,Zn、Al的添加无先后顺序要求;

[0062] (2)将熔体降温至710℃,镁合金配比计算加入Mg-Ca中间合金、Mg-Ce中间合金和Mg-La中间合金;其中:Mg-Ca中间合金、Mg-Ce中间合金、Mg-La中间合金的添加无先后顺序要求;

[0063] (3)采用五号熔剂对熔体进行净化处理;

[0064] 步骤2,半连续铸造:

[0065] 将熔体温度降至690℃进行电磁半连续铸造,制得镁合金铸造棒材;其中,铸造条件为:励磁线圈安匝数5000AT,电磁频率20Hz,铸造速度为200mm/min,水量为16.17m³/h;

[0066] 步骤3,分流挤压:

[0067] (1)均匀化处理:将镁合金铸造棒材在380℃保温8h;

[0068] (2)对均匀化处理后镁合金棒材,进行分流挤压前进行定尺和扒皮预处理;

[0069] (3)将预处理后的镁合金棒材,进行分流挤压,挤压前,在挤压模具内壁、镁合金样品表面和挤压筒内壁涂抹二硫化钼锂基润滑脂进行润滑,挤压出口速度为4m/min,挤压比为72.87,制得可深度冷弯高吸能镁合金管材。

[0070] 本实施例制得的深度冷弯镁合金管材的横截面直径为Φ19mm,壁厚为1.8mm;该镁合金管材铸态和挤压态显微组织如附图1所示;将其加工成如附图6所示的拉伸试样,在Instron8032拉伸机上进行室温拉伸,拉伸速度为1mm/min,其室温拉伸力学性能如表1所示。

[0071] 表1 实施例1的镁合金挤压管材室温拉伸力学性能

试样编号	抗拉强度(MPa)	屈服强度(MPa)	伸长率(%)
1	260.0	153.3	19
2	262.6	155.0	19.2
3	261.6	158.3	19.2
平均值	261.4	155.5	19.1

[0073] 本实施例制得的镁合金管材屈强比为0.59,在挤压状态下可以直接冷弯至90°,其薄壁管冷弯试样如图2所示,该合金三点弯实验吸收能量为AZ31的1.4倍。

[0074] 实施例2

[0075] 一种高吸能镁合金,为Mg-Zn-Ce-La-Mn-Zr-Al-Ca系镁合金;其成分按质量百分比含有:Zn:2.2%,Ce:0.7%,La:0.1%,Mn:0.3%,Zr:0.06%,Ca:0.3%,Al:0.7%,余量为Mg及杂质;其中,按质量百分比,Ce:La=7:1,Mn:Zr=5:1,杂质Fe<0.003%。

[0076] 本实施例的可深度冷弯高吸能镁合金管材的制备方法,包括以下步骤:

[0077] 步骤1,熔炼:

[0078] (1)在五号熔剂保护下,将金属镁在730℃熔化后,按镁合金配比计算加入先加入Zn和Al,再同时加入MnCl₂颗粒和Mg-Zr中间合金;其中,Zn、Al的添加无先后顺序要求;

[0079] (2)将熔体降温至710℃,镁合金配比计算加入Mg-Ca中间合金、Mg-Ce中间合金和Mg-La中间合金;其中:Mg-Ca中间合金、Mg-Ce中间合金、Mg-La中间合金的添加无先后顺序要求;

[0080] (3)采用五号熔剂对熔体进行净化处理;

[0081] 步骤2,半连续铸造:

[0082] 将熔体温度降至700℃进行电磁半连续铸造,制得镁合金铸造棒材;其中,铸造条件为:励磁线圈安匝数7500AT,电磁频率45Hz,铸造速度为160mm/min,水量为16.17m³/h;

[0083] 步骤3,分流挤压:

[0084] (1)均匀化处理:将镁合金铸造棒材在330℃保温10h;

[0085] (2)对均匀化处理后镁合金棒材,进行分流挤压前进行定尺和扒皮预处理;

[0086] (3)将预处理后的镁合金棒材,进行分流挤压,挤压前,在挤压模具内壁、镁合金样品表面和挤压筒内壁涂抹二硫化钼锂基润滑脂进行润滑,挤压出口速度为7m/min,挤压比为33.5,制得可深度冷弯高吸能镁合金管材。

[0087] 本实施例制得的深度冷弯镁合金管材的横截面直径为Φ25.4mm壁厚3mm的镁合金挤压管材;将其取样加工成如附图6所示的拉伸试样,在Instron8032拉伸机上进行室温拉伸,拉伸速度为1mm/min,其室温拉伸力学性能如表2示。

[0088] 表2 实例2的镁合金挤压管材挤压态的室温拉伸力学性能

试样编号	抗拉强度(MPa)	屈服强度(MPa)	伸长率(%)
1	270.0	153.0	18.5
2	269.6	150.3	19.5
3	268.2	155.2	19.0
平均值	269.3	152.8	19

[0090] 本实施例制得的镁合金管材屈强比为0.57,在挤压状态下可以直接冷弯至90°,该合金三点弯实验吸收能量为AZ31的1.2倍。

[0091] 实施例3

[0092] 一种高吸能镁合金,为Mg-Zn-Ce-La-Mn-Zr-Al-Ca系镁合金;其成分按质量百分比含有:Zn:1.7%,Ce:0.4%,La:0.2%,Mn:0.4%,Zr:0.1%,Ca:0.2%,Al:0.5%,余量为Mg及杂质;其中,按质量百分比,Ce:La=2:1,Mn:Zr=4:1,杂质Fe<0.003%。

[0093] 本实施例的可深度冷弯高吸能镁合金管材的制备方法,包括以下步骤:

[0094] 步骤1,熔炼:

[0095] (1)在五号熔剂保护下,将金属镁在730℃熔化后,按镁合金配比计算加入先加入Zn和Al,再同时加入MnCl₂颗粒和Mg-Zr中间合金;其中,Zn、Al的添加无先后顺序要求;

[0096] (2)将熔体降温至710℃,镁合金配比计算加入Mg-Ca中间合金、Mg-Ce中间合金和Mg-La中间合金;其中:Mg-Ca中间合金、Mg-Ce中间合金、Mg-La中间合金的添加无先后顺序要求;

[0097] (3)采用五号熔剂对熔体进行净化处理;

[0098] 步骤2,半连续铸造:

[0099] 将熔体温度降至700℃进行电磁半连续铸造,制得镁合金铸造棒材;其中,铸造条件为:励磁线圈安匝数6500AT,电磁频率50Hz,铸造速度为155mm/min,水量为16.17m³/h;

[0100] 步骤3,分流挤压:

[0101] (1)均匀化处理:将镁合金铸造棒材在400℃保温12h;

[0102] (2)对均匀化处理后镁合金棒材,进行分流挤压前进行定尺和扒皮预处理;

[0103] (3)将预处理后的镁合金棒材,进行分流挤压,挤压前,在挤压模具内壁、镁合金样品表面和挤压筒内壁涂抹二硫化钼锂基润滑脂进行润滑,挤压出口速度为4m/min,挤压比为45.1,制得可深度冷弯高吸能镁合金管材。

[0104] 本实施例制得的深度冷弯镁合金管材的横截面直径为Φ15mm壁厚5mm的镁合金挤压管材;该镁合金铸态和挤压管材挤压组织SEM照片如图7所示,拉伸断口形貌如图8所示,将管材取样加工成如附图6所示的拉伸试样,在Instron8032拉伸机上进行室温拉伸,拉伸速度为1mm/min,挤压管材拉伸力学性能如表3所示。

[0105] 表3 实例3的镁合金挤压管材挤压态的室温拉伸力学性能

试样编号	抗拉强度(MPa)	屈服强度(MPa)	伸长率(%)
1	263.2	157.6	20
2	261.6	152.3	19
3	262.3	150.2	18.5
平均值	262.4	153.3	19.2

[0107] 本实施例制得的镁合金管材屈强比为0.58,在挤压状态下可以直接冷弯至90°,该合金三点弯实验吸收能量为AZ31的1.1倍。

[0108] 实施例4

[0109] 一种高吸能镁合金,为Mg-Zn-Ce-La-Mn-Zr-Al-Ca系镁合金;其成分按质量百分比含有:Zn:2.0%,Ce:0.5%,La:0.15%,Mn:0.9%,Zr:0.6%,Ca:0.2%,Al:1.0%,余量为Mg及杂质;其中,按质量百分比,Ce:La=(2~7):1,Mn:Zr=1.5:1,杂质Fe<0.003%。

[0110] 本实施例的可深度冷弯高吸能镁合金管材的制备方法,包括以下步骤:

[0111] 步骤1,熔炼:

[0112] (1)在五号熔剂保护下,将金属镁在730℃熔化后,按镁合金配比计算加入先加入2.0%Zn和Al,再同时加入MnCl₂颗粒和Mg-Zr中间合金;其中,Zn、Al的添加无先后顺序要求;

[0113] (2)将熔体降温至710℃,镁合金配比计算加入Mg-Ca中间合金、Mg-Ce中间合金和Mg-La中间合金;其中:Mg-Ca中间合金、Mg-Ce中间合金、Mg-La中间合金的添加无先后顺序要求;

[0114] (3)采用五号熔剂对熔体进行净化处理;

[0115] 步骤2,半连续铸造:

[0116] 将熔体温度降至680℃进行电磁半连续铸造,制得镁合金铸造棒材;其中,铸造条件为:励磁线圈安匝数7000AT,电磁频率35Hz,铸造速度为160mm/min,水量为16.17m³/h;

[0117] 步骤3,分流挤压:

[0118] (1)均匀化处理:将镁合金铸造棒材在420℃保温14h;

[0119] (2)对均匀化处理后镁合金棒材,进行分流挤压前进行定尺和扒皮预处理;

[0120] (3)将预处理后的镁合金棒材,进行分流挤压,挤压前,在挤压模具内壁、镁合金样品表面和挤压筒内壁涂抹二硫化钼锂基润滑脂进行润滑,挤压出口速度为5m/min,挤压比为54,制得可深度冷弯高吸能镁合金管材。

[0121] 本实施例制得的深度冷弯镁合金管材的横截面直径为 $\Phi 22.2\text{mm}$ 壁厚1.8mm的镁合金挤压管材;将挤压态棒材取样加工成如附图6所示的拉伸试样,在Instron8032拉伸机上进行室温拉伸,拉伸速度为1mm/min,挤压管材拉伸力学性能如表4所示。

[0122] 表4 实例4的镁合金挤压管材挤压态的室温拉伸力学性能 •

试样编号	抗拉强度 (MPa)	屈服强度 (MPa)	伸长率 (%)
1	261.5	165.0	18
2	268.3	160.4	18.2
3	268.7	163.2	18.4
平均值	266.2	162.8	18.2

[0124] 本实施例制得的镁合金管材屈强比为0.61,在挤压状态下可以直接冷弯至 90° ,该合金三点弯实验吸收能量为AZ31的1.3倍,其三点弯实验照片如图9所示,吸能-位移曲线如图10所示。

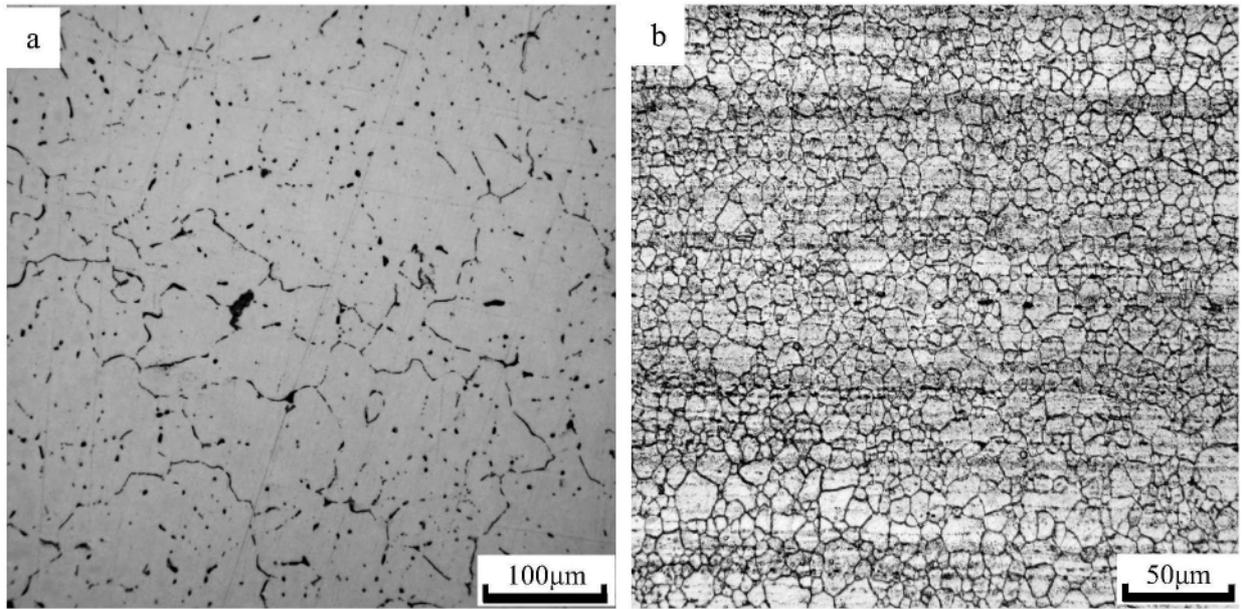


图1

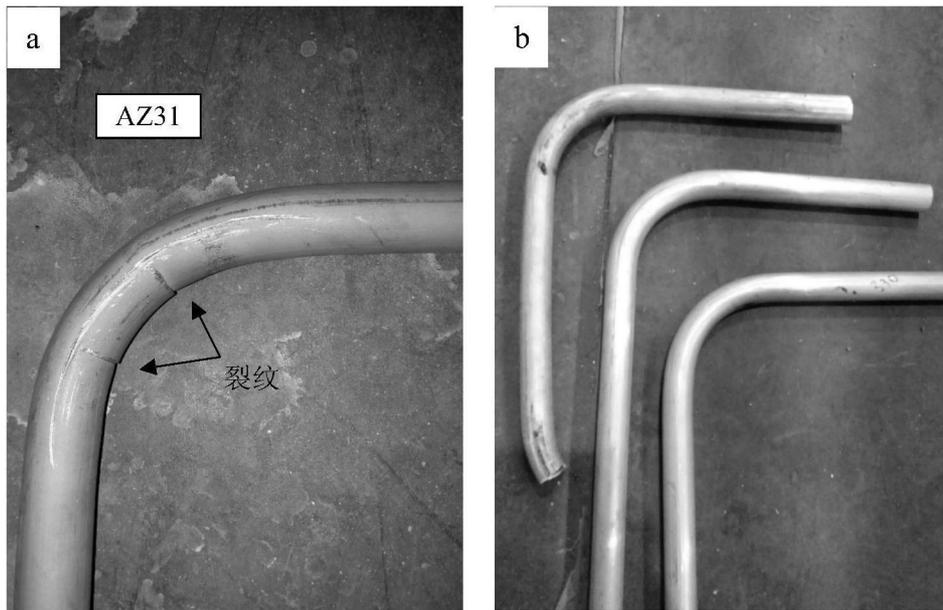


图2

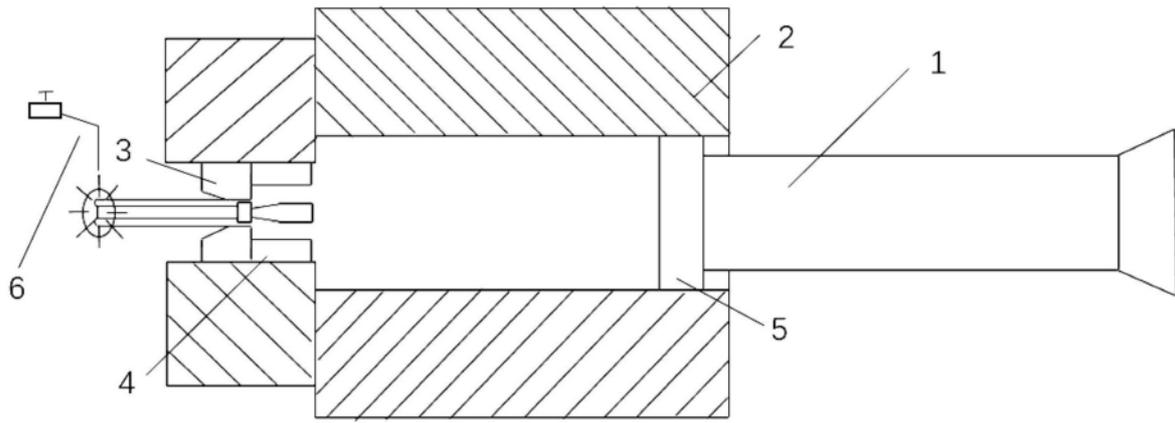


图3

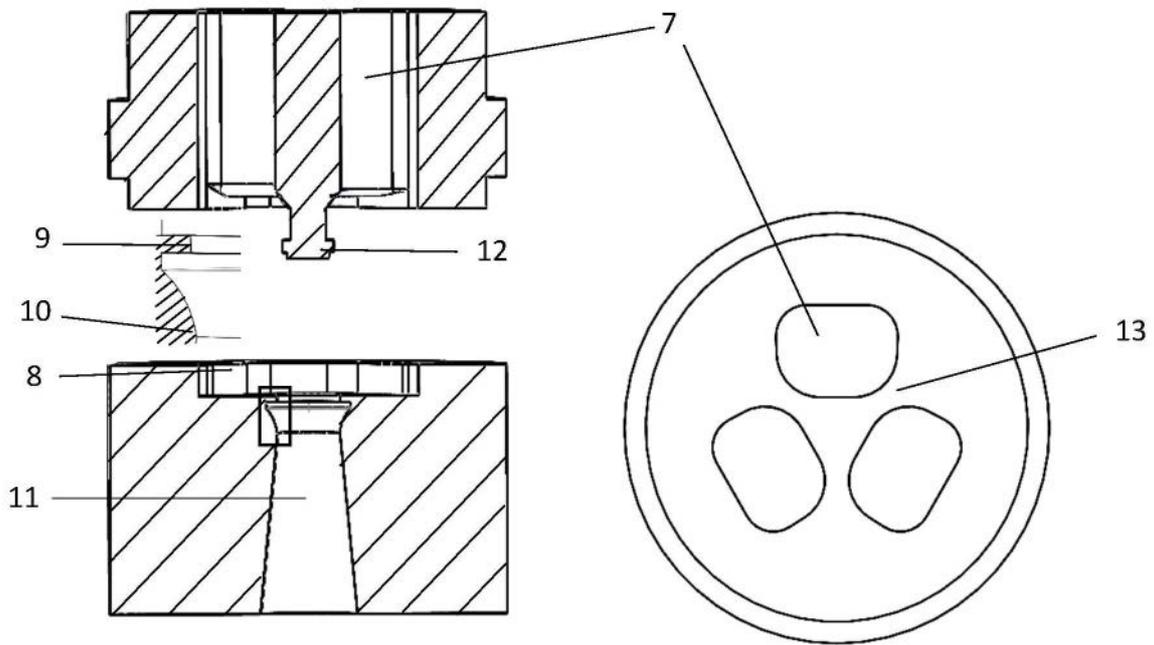


图4

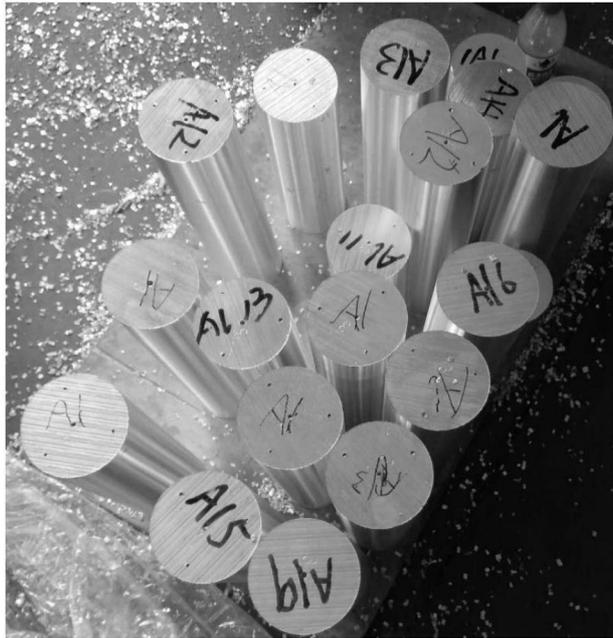


图5

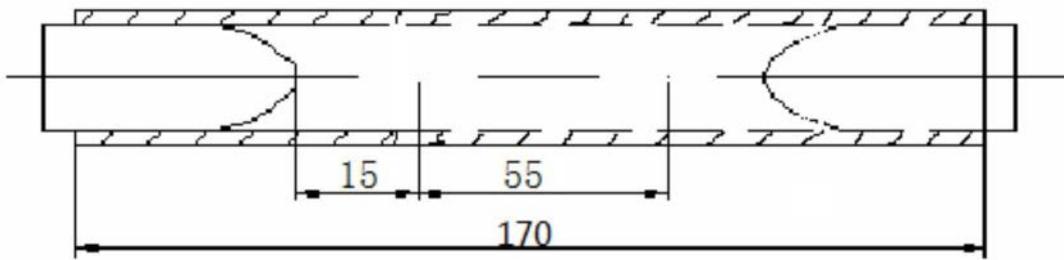


图6

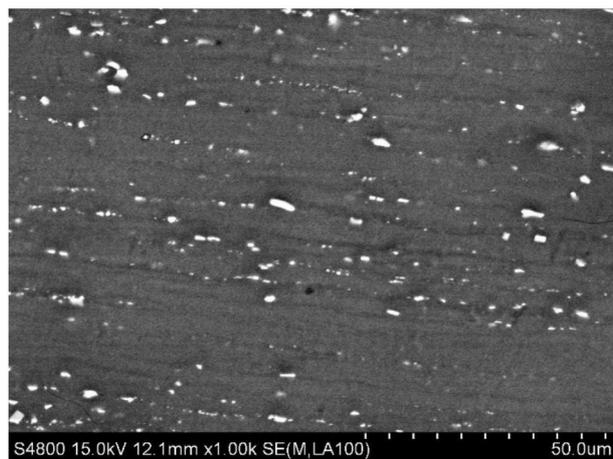


图7

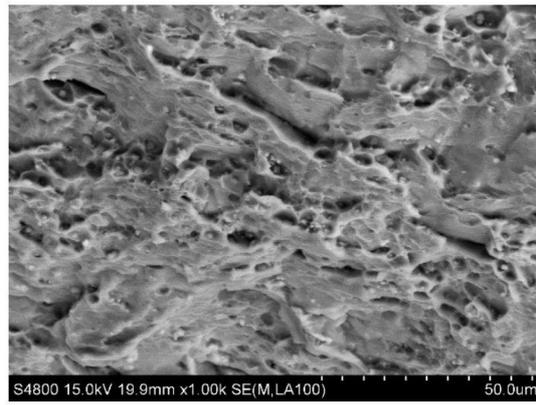


图8

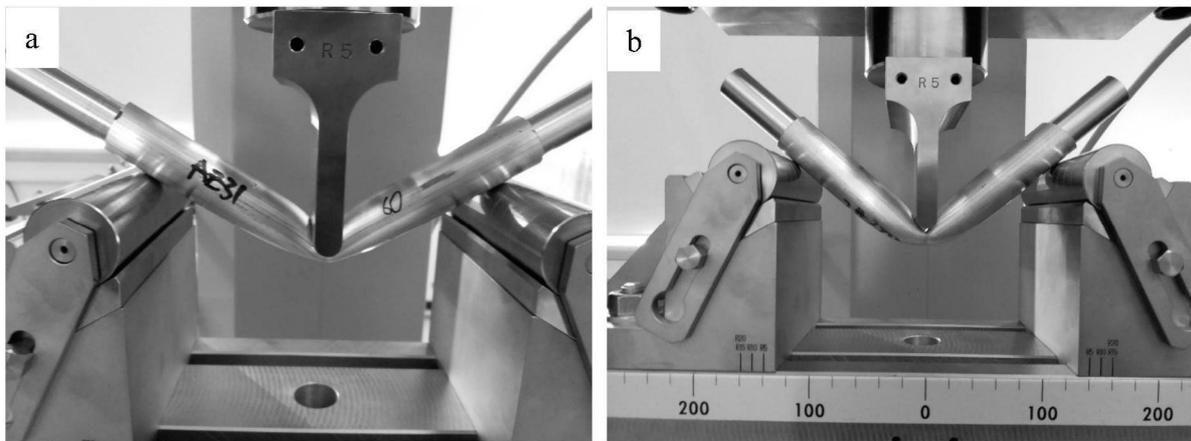


图9

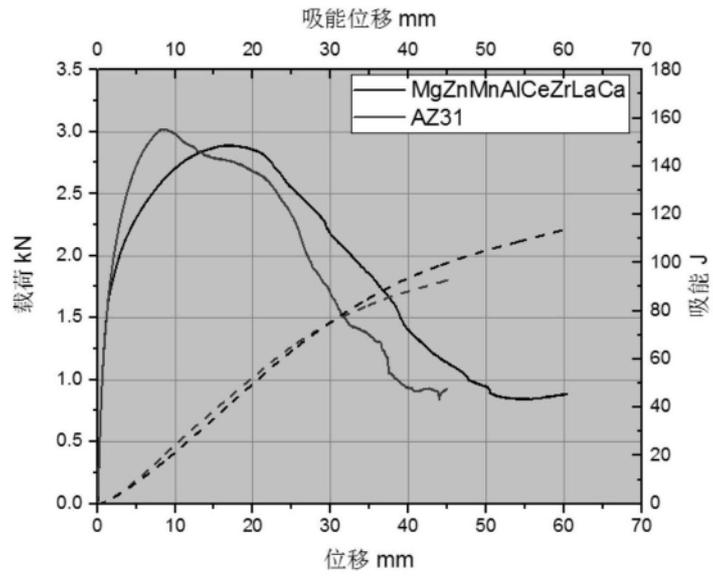


图10