



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108906938 A

(43)申请公布日 2018.11.30

(21)申请号 201810621029.X

(22)申请日 2018.06.15

(71)申请人 莱诺斯科技(北京)股份有限公司
地址 100081 北京市海淀区中关村南大街
神舟大厦402

(72)发明人 王子毅 徐平 王彤

(74)专利代理机构 中国航天科技专利中心
11009

代理人 张丽娜

(51) Int. Cl.

B21D 9/00(2006.01)

B21D 37/18(2006.01)

B21C 37/06(2006.01)

B21C 23/02(2006.01)

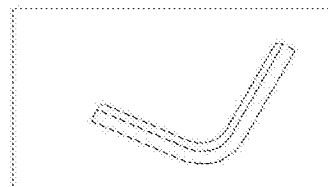
权利要求书1页 说明书10页 附图2页

(54)发明名称

一种镁锂合金波导管冷弯曲成型方法

(57)摘要

本发明涉及一种镁锂合金波导管冷弯曲成型方法,属于通讯技术领域。本发明的镁锂合金波导管组件在采用冷弯曲方法时,其镁锂合金波导管坯料室温力学性能在满足 $R_m(N \cdot mm^{-2}) > 137$, $R_{p0.2}(N \cdot mm^{-2}) > 128$, $A/\% > 9.6$ 标准值下,即可得到质量合格的镁锂合金波导管弯曲组件。



1. 一种镁锂合金波导管冷弯曲成型方法,其特征在于该方法的步骤包括:

步骤1,在镁锂合金波导管坯料内表面和外表面均涂抹一层汽缸油,然后在镁锂合金波导管坯料内腔中插满钢片;

步骤2,对步骤1中内腔中插满钢片的镁锂合金波导管坯料采用DW89NC弯管机进行弯曲成型。

2. 根据权利要求1所述的一种镁锂合金波导管冷弯曲成型方法,其特征在于:所述的镁锂合金波导管坯料的外缘公差尺寸精度为 $\pm 0.04\sim 0.05$,内孔公差尺寸精度为 $\pm 0.017\sim 0.03$ 。

3. 根据权利要求1所述的一种镁锂合金波导管冷弯曲成型方法,其特征在于:所述的镁锂合金波导管坯料的扭曲度在180mm长度方向上不超过 1.6° ;表面粗糙度 $R_a\leq 1.6$ 。

4. 根据权利要求1所述的一种镁锂合金波导管冷弯曲成型方法,其特征在于:镁锂合金波导管坯料的内外表面无任何麻点坑、金属毛刺、腐蚀斑点和微裂纹。

5. 根据权利要求1所述的一种镁锂合金波导管冷弯曲成型方法,其特征在于:所述的镁锂合金波导管坯料符合中华人民共和国国家标准GB/T33141-2016《镁锂合金铸锭》,GB/T11450.1-1989《空心管金属波导管第一部分:一般要求和测量方法》,GB/T11450.2-1989《空心管金属波导管第二部分:普通矩形波导有关规范》,GB/T11450.5-1989《空心管金属波导管第六部分:中等扁矩形波导管有关规范》。

6. 根据权利要求1所述的一种镁锂合金波导管冷弯曲成型方法,其特征在于:所述的镁锂合金波导管坯料室温力学性能满足 $R_m(N\cdot mm^{-2})>137$, $R_{p0.2}(N\cdot mm^{-2})>128$, $A/\%>9.6$ 。

7. 根据权利要求1所述的一种镁锂合金波导管冷弯曲成型方法,其特征在于:所述的钢片的厚度为0.12-2.0mm,钢片的材料为45#工具钢;钢片的长度的不小于镁锂合金波导管坯料的长度。

8. 根据权利要求1所述的一种镁锂合金波导管冷弯曲成型方法,其特征在于:所述的弯曲成型的步骤为:(1)接通电源,按下电机启动按钮,电机工作、油泵工作;(2)踩下脚踏开关,电磁阀通电,溢流阀开通,夹紧油缸夹住内腔中插满钢片的镁锂合金波导管坯料;(3)按下弯管按钮,主油缸根据输入编码参数进行弯管;(4)弯管角度达到设定位置时,机器自动停机,此时按下退芯按钮,定型芯模退下;(5)按下退夹按钮,夹头打开;(6)关闭全部电源,手动取下冷弯成型的镁锂合金波导管。

9. 根据权利要求8所述的一种镁锂合金波导管冷弯曲成型方法,其特征在于:所述的步骤(3)中,编码参数包括油压压力、弯曲角度、弯管速度、弯曲半径、夹紧行程、顶紧行程和弯曲平均速度。

10. 根据权利要求9所述的一种镁锂合金波导管冷弯曲成型方法,其特征在于:油压压力范围为:8-14MPa,弯曲角度范围为: $90^\circ-120^\circ$,弯管速度范围为: $23^\circ-40^\circ/sec$,弯曲半径范围为:220-460mm,夹紧行程范围为:82-92mm,顶紧行程范围为:78-92mm,弯曲平均速度范围为: $7^\circ\sim 20^\circ/sec$ 。

一种镁锂合金波导管冷弯曲成型方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种镁锂合金波导管冷弯曲成型方法,属于通讯技术领域。

背景技术

[0002] 已往使用的铜合金、铝合金波导管组件其密度均 $>2800\text{kg}/\text{m}^3$,重量大,已不适用当前航空、航天、卫星、车载、舰载、单兵、3C行业的减重需求。

发明内容

[0003] 本发明的技术解决问题是:克服现有技术的不足,提出一种镁锂合金波导管冷弯曲成型方法。

[0004] 本发明的技术解决方案是:

[0005] 一种镁锂合金波导管冷弯曲成型方法,该方法的步骤包括:

[0006] 步骤1,在镁锂合金波导管坯料内表面和外表面均涂抹一层汽缸油,然后在镁锂合金波导管坯料内腔中插满钢片;

[0007] 所述的镁锂合金波导管坯料的外缘公差尺寸精度为 $\pm 0.04\sim 0.05$,内孔公差尺寸精度为 $\pm 0.017\sim 0.03$,扭曲度在180mm长度方向上不超过 1.6° ;表面粗糙度 $R_a\leq 1.6$,镁锂合金波导管坯料的内外表面无任何麻点坑、金属毛刺、腐蚀斑点和微裂纹;

[0008] 所述的镁锂合金波导管坯料符合中华人民共和国国家标准GB/T33141-2016《镁锂合金铸锭》,GB/T11450.1-1989《空心管金属波导管第一部分:一般要求和测量方法》,GB/T11450.2-1989《空心管金属波导管第二部分:普通矩形波导有关规范》,GB/T11450.5-1989《空心管金属波导管第六部分:中等扁矩形波导管有关规范》;

[0009] 所述的镁锂合金波导管坯料室温力学性能满足 $R_m(N\cdot\text{mm}^{-2})>137$, $R_{p0.2}(N\cdot\text{mm}^{-2})>128$, $A/\%>9.6$;

[0010] 所述的钢片的厚度为0.12-2.0mm,钢片的材料为45#工具钢;钢片的长度的不小于镁锂合金波导管坯料的长度;

[0011] 步骤2,对步骤1中内腔中插满钢片的镁锂合金波导管坯料采用DW89NC弯管机进行弯曲成型;

[0012] 所述的弯曲成型的步骤为:(1)接通电源,按下电机启动按钮,电机工作、油泵工作;(2)踩下脚踏开关,电磁阀通电,溢流阀开通,夹紧油缸夹住内腔中插满钢片的镁锂合金波导管坯料;(3)按下弯管按钮,主油缸根据输入编码参数进行弯管;(4)弯管角度达到设定位置时,机器自动停机,此时按下退芯按钮,定型芯模退下;(5)按下退夹按钮,夹头打开;(6)关闭全部电源,手动取下冷弯成型的镁锂合金波导管;

[0013] 编码参数包括油压压力、弯曲角度、弯管速度、弯曲半径、夹紧行程、顶紧行程和弯曲平均速度,油压压力范围为:8-14MPa,弯曲角度范围为: $90^\circ\sim 120^\circ$,弯管速度范围为: $23^\circ\sim 40^\circ/\text{sec}$,弯曲半径范围为:220-460mm,夹紧行程范围为:82-92mm,顶紧行程范围为:78-92mm,弯曲平均速度范围为: $7^\circ\sim 20^\circ/\text{sec}$ 。

[0014] 先给弯管机装上模具,然后在镁锂合金波导管内孔中涂抹上汽缸油。将配套的薄钢片塞满已选定的镁锂合金波导管内孔,然后为防止冷弯曲的镁锂合金波导管组件外表面磨损、擦伤,在其外表面上涂抹上汽缸油。

[0015] 将上述处理好的待冷弯曲的镁锂合金波导管坯料先放进弯曲模,塞入防皱模,推靠夹紧模、对准定型芯模、扣上滑板模,用夹头夹住镁锂合金波导管坯料。

[0016] 所述的所述的镁锂合金波导管坯料的制作方法,包括以下步骤:

[0017] 步骤1、对镁锂合金铸棒进行机加工,以去除所述镁锂合金铸棒外表面的偏析瘤;

[0018] 步骤2、对去除了偏析瘤的镁锂合金铸棒进行酸洗、干燥处理后,进行加热;

[0019] 步骤3、通过挤压机对加热后的镁锂合金铸棒进行挤压成型,得到镁锂合金波导管毛坯;

[0020] 步骤4、对所述镁锂合金波导管毛坯进行校直、锯切及热处理,得到镁锂合金波导管。

[0021] 步骤1中机加工量为8-12mm。

[0022] 步骤2中所述的对去除了偏析瘤的镁锂合金棒进行酸洗,包括:

[0023] 将去除了偏析瘤的镁锂合金棒浸入酸洗溶液中,在18-38℃下,摆动浸渍0.25-3min,然后用水冲洗,其中,所述酸洗溶液包含以下质量百分比组分:

[0024] GrO_3 10-14%、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 1-3%、 KF 0.1-0.3%、 HNO_3 0.5-1.5%、余量为 H_2O 。

[0025] 步骤2中所述的加热包括:在250-260℃下,保温至少3h。

[0026] 步骤3中所述的通过挤压机对加热后的镁锂合金棒进行挤压成型,包括:先将钢材质的挤压成型模具在220-250℃下,保温至少2h;然后在220-240℃下,对加热后的镁锂合金棒进行挤压,挤压比为69-83,镁锂合金波导管毛坯的挤出速度为0.5-0.8m/min。

[0027] 通过顺着挤出的镁锂合金波导管毛坯运动方向吹风,使挤压得到的镁锂合金波导管毛坯在温度220-230℃,风向与所述运动方向呈30-60°角,风量为1.5-2m³/min;

[0028] 步骤4所述的校直,包括:通过张力矫直机以1%-3%的变形率进行校直。

[0029] 步骤4所述的锯切,包括:采用直径为350-400mm的圆盘锯,以3200-3700r/min的转速、1000-6000mm/min的液压进给速度进行锯切。

[0030] 步骤4所述的热处理,包括:在180-200℃下,保温1.5-2.5h。

[0031] 本发明具有如下优点:

[0032] (1) 本发明镁锂合金波导管组件弯曲时采用的冷弯曲制作方法,通过将不同长×宽×厚尺寸的薄钢片满满插塞入镁锂合金波导管内腔中后,无需加热,实现用弯管机对镁锂合金波导管进行冷弯曲成型,得到45°、60°、90°弯曲角,外缘公差尺寸为±0.04~0.05,内孔公差尺寸精度为±0.017~0.03,在E面和H面没有任何可视的微裂纹镁锂合金波导管组件;该方法成品率可达87%。极大地提高了镁锂合金波导管组件的成品率,降低了生产成本;

[0033] (2) 本发明使用的润滑方法能够保障镁锂合金波导管在冷弯曲形成组件时,其不产生内外表面摩擦伤,不产生任何冷弯曲区域微裂纹源,其润滑液对镁锂合金波导管内外表面不产生任何腐蚀,其润滑液的表面残留物在镁锂合金波导管组件进行任何一种表面防腐蚀镀覆时,均不会影响表面镀覆层质量;

[0034] (3) 本发明的镁锂合金波导管组件在采用冷弯曲方法时,其镁锂合金波导管坯料

室温力学性能在满足 $R_m(N \cdot mm^{-2}) > 137$, $R_{p0.2}(N \cdot mm^{-2}) > 128$, $A/\% > 9.6$ 标准值下,即可得到质量合格的镁锂合金波导管弯曲组件。

[0035] (4) 本发明的镁锂合金波导管坯料密度 $< 1500 kg/m^3$,较已往使用的铜合金、铝合金波导管减轻40%~50%重量,完全满足航空、航天等行业结构用材料减重的要求。

[0036] (5) 本发明的方法能够在镁锂合金各型号的波导管宽面(E)和窄面(H)上完成了最大 90° 圆弧角的弯曲。

附图说明

[0037] 图1为本发明实施例1中提供的镁锂合金冷弯曲波导管结构示意图;

[0038] 图2为本发明实施例2中提供的镁锂合金冷弯曲波导管结构示意图;

[0039] 图3为本发明实施例3中提供的镁锂合金冷弯曲波导管组件结构示意图;

[0040] 图4为本发明实施例4中提供的镁锂合金冷弯曲波导管组件结构示意图;

[0041] 图5为本发明实施例5中提供的镁锂合金冷弯曲波导管组件结构示意图;

[0042] 图6为本发明实施例6中提供的镁锂合金冷弯曲波导管组件结构示意图。

具体实施方式

[0043] 为了便于理解本发明,将具体对本发明实施例作更全面、细致地描述,但这些实施例并不应理解为是对本发明的限制,也不仅限于本实施例提供的具体条件、参数或数值才能实施本发明。所述方法如无特别说明均为常规方法,所述材料如无特别说明均能从公开商业途径获得。

[0044] 一种镁锂合金波导管弯曲时的制作方法,包括以下步骤:

[0045] 步骤1,对即将进行弯曲的镁锂合金波导管原材料进行下述内外型尺寸公差及内外表面质量进行检验;

[0046] 本发明实施例中,首先选取一根 $80 \sim 500 mm$ 长镁锂合金待弯曲的波导管原材料。根据弯曲的波导管型号、参照供需双方订货合同及国家标准对该镁锂合金波导管原材料外缘和内孔尺寸进行测量,其结果应符合外缘公差尺寸精度为 $\pm 0.04 \sim 0.05$,内孔公差尺寸精度为 $\pm 0.017 \sim 0.03$,扭曲度在 $180 mm$ 长度方向上不超过 1.6° ;通过目视和借助5倍以内的放大镜观察镁锂合金波导管坯料的内外表面质量,其结果应符合表面粗糙度 $R_a \leq 1.6$,镁锂合金波导管坯料的内外表面无任何麻点坑、金属毛刺、腐蚀斑点和微裂纹。

[0047] 本发明实施例所采用的镁锂合金波导管坯料应符合中华人民共和国国家标准GB/T33141-2016《镁锂合金铸锭》,GB/T11450.1-1989《空心管金属波导管第一部分:一般要求和测量方法》,GB/T11450.2-1989《空心管金属波导管第二部分:普通矩形波导有关规范》,GB/T11450.5-1989《空心管金属波导管第六部分:中等扁矩形波导管有关规范》。

[0048] 步骤2,针对已选定好准备进行冷弯曲的镁锂合金波导管进行内孔迭加薄钢片插入;

[0049] 本发明实施例中,先对已选定待加工的冷弯曲镁锂合金波导管原材料内孔尺寸测量数据进行观察分析,选取其中最小合格宽度数值 x 和最小高度数值 y ,根据内孔公差尺寸精度为 $\pm 0.017 \sim 0.03$ 要求,宽度数值确定为 $x - 0.03$,然后选取此宽度、不同厚度的薄钢片若干,根据上述宽度数值确定方法及原则,确定该镁锂合金待加工的冷弯曲镁锂合金波导

管内孔高度数值为 $y-0.03$,然后选取不同厚度的薄钢片进行迭加,其迭加厚度等于或小于 $y-0.03$ 数值。

[0050] 不同厚度的薄钢片应由45#工具钢薄板制成。其单片厚度由0.12至2.0,也可以根据已加工好的镁锂合金波导管坯料内孔高度数值 y 进行加工;其薄钢片的宽度根据上述宽度数值 $x-0.03$ 确定。所有薄钢片的八个边缘锐角均应打磨去除,使薄钢片厚度边缘成 $>90^\circ$ 的最大圆弧R角。

[0051] 步骤3,针对已选定好准备进行冷弯曲的镁锂合金波导管内孔及外缘尺寸公差进行模具准备;该模具为DW89NC弯管机中配带的模具;

[0052] 本发明实施例中,先对已选定好待冷弯曲的镁锂合金波导管配置弯管模、防皱模、夹紧模、滑板模、定型芯模、夹头等加工设施;

[0053] 上述模具及夹头等加工设施其加工精度应根据内孔公差尺寸精度为 $\pm 0.017\sim 0.03$ 要求再加0.05,模具及夹头等材料可由45#钢加工成型号后淬火。

[0054] 步骤4,通过弯曲机对已选定好型号的镁锂合金波导管进行冷弯曲成型,得到镁锂合金波导管组件;

[0055] 本发明实施例中,先给弯管机装上步骤3中所描述的模具,然后在镁锂合金波导管内孔中涂抹上汽缸油。将配套的薄钢片塞满已选定的镁锂合金波导管内孔,然后为防止冷弯曲的镁锂合金波导管组件外表面磨损、擦伤,在其外表面上涂抹上汽缸油。

[0056] 将上述处理好的待冷弯曲的镁锂合金波导管坯料先放进弯曲模,塞入防皱模,推靠夹紧模、对准定型芯模、扣上滑板模,用夹头夹住镁锂合金波导管坯料;

[0057] 步骤5,上述工序均完成之后,进入开机程序,认真执行开机程序及技术参数,才能得到优质的冷弯曲成型的镁锂合金波导管组件。

[0058] 本发明实施例中,所采用的DW89NC弯管机具有手动和半自动功能,只要将参数输入电脑屏幕,即可进行手动和半自动工作,根据工作经验,建议小管径手动,大管径半自动操作。输入参数如下:最大油压压力14MPa,最大弯曲角度 90° ,最大弯管速度 $40^\circ/\text{sec}$,最大弯曲半径R460mm,夹紧行程92mm,顶紧行程92mm,弯曲平均速度 $9^\circ\sim 20^\circ/\text{sec}$ 。

[0059] 操作程序如下:(1)接通电源,按下电机启动按钮,电机工作、油泵工作;(2)踩下脚踏开关,电磁阀通电,溢流阀开通,夹紧油缸夹住管材;(3)按下弯管按钮,主油缸根据输入编码参数进行弯管;(4)弯管角度达到设定位置时,机器自动停机,此时按下退芯按钮,定型芯模退下;(5)按下退夹按钮,夹头打开;(6)关闭全部电源,手动取下冷弯成型的镁锂合金波导管组件。

[0060] 以下为本发明的几个具体实施例:

[0061] 实施例1

[0062] 本实施例提供了一种冷弯曲成型的镁锂合金BJ100镁锂合金波导管组件及其制作方法,包括以下步骤:

[0063] 步骤1,首先对已选定的待冷弯曲的BJ100镁锂合金波导管如图1所示,进行内孔尺寸测量。其在E面(宽度)的尺寸应为 22.86 ± 0.046 ;

[0064] 步骤2,在上述E面尺寸 22.86 ± 0.046 基础上再减去0.03数值进行内孔薄钢带选取,将选取后的不同厚度薄钢带涂上气缸油塞满BJ100镁锂合金波导管内孔内;

[0065] 步骤3,将在E面塞满不同厚度薄钢带的BJ100的镁锂合金波导管再在其外表面涂

抹上汽缸油,然后放到弯管模具中。然后塞入防皱模,推靠夹紧模、对准定型芯模、扣上滑板模,用夹头夹住此BJ100镁锂合金波导管坯料E面。

[0066] 步骤4,在DW89NC弯管机电脑屏幕上输入如下技术参数:油压压力14MPa,弯曲角度 90° ,弯管速度 $28^{\circ}/\text{sec}$,弯曲半径260mm,夹紧行程86mm,顶紧行程86mm,平均弯曲速度 $10^{\circ}/\text{sec}$ 。

[0067] 步骤5,操作程序如下:(1)按下电机启动按钮,电机工作,油泵工作;(2)踩下脚踏开关,电磁阀通电,溢流阀开通,夹紧油缸夹住管材;(3)按下弯管按钮,主油缸根据输入编码参数进行弯管;(4)弯管角度达到设定位置时,管材会触动自动停机开关,机器自动停机;(5)按退芯按钮,定型芯模退下;(6)按退夹按钮,夹紧头打开;(7)关闭全部电源,手动取下冷弯成型的镁锂合金波导管组件。

[0068] 步骤6,将已冷变成型的镁锂合金波导管组件,在不超过6h内浸入防腐蚀钝化液中。其目的—是去除表面汽缸油膜层,二是在镁锂合金金属表面形成一层防腐钝化膜层,该钝化膜层可保证镁锂合金波导管组件在镀金、镀银、镀镍、化学氧化前5个月内不在产生受腐蚀现象。

[0069] (1)对于LA91和LA141等不含Zn化学成分的镁锂合金波导管组件,其防腐蚀钝化液成分为

[0070] CrO_3 180g/L+ $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 40g/L+KF 3.5g/L+ HNO_3 5g/L+ H_2O 余量,使用温度 $18\sim 38^{\circ}\text{C}$,摆动浸渍时间为 $0.25\sim 3\text{min}$;

[0071] (2)对于LZ91和MA81等含Zn化学成分的镁锂合金波导管组件,其防腐蚀钝化液成分为

[0072] CrO_3 188g/L+ $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 50g/L+KF 4g/L+ HNO_3 3g/L+ H_2O 余量,使用温度 $18\sim 38^{\circ}\text{C}$,摆动浸渍时间为 $0.5\sim 3\text{min}$;

[0073] 实施例2

[0074] 本实施例提供了一种冷弯曲成型的镁锂合金BJ100镁锂合金波导管组件,其制作方法与实施例1基本相同,唯一不同的是在H面(厚度)进行冷弯曲;

[0075] 本实施例提供的冷弯曲成型的镁锂合金BJ100波导管组件如图2所示,该波导管在H面(厚度)内孔尺寸为 10.16 ± 0.046 ;所选薄钢带宽度应为 10.16 ± 0.04 基础上再减去0.03;将选取的不同厚度薄钢带涂上汽缸油塞满BJ100镁锂合金波导管内孔内;由于H面宽度较E面宽度小12.70,所以此组件弯管速度为 $26^{\circ}/\text{sec}$ 、平均弯曲速度为 $8^{\circ}/\text{sec}$ 。

[0076] 实施例3

[0077] 本实施例提供了一种冷弯曲成型的镁锂合金BJ120波导管组件,其制作方法与实施例1基本相同。不同的是由于型号不同,其在宽面(E)和窄面(H)的尺寸发生了变化。

[0078] 本实施例提供的冷弯曲成型的镁锂合金BJ120波导管组件如图3所示,该波导管在E面(宽面)的内孔尺寸为 19.05 ± 0.038 ;所选薄钢带宽度应为 19.05 ± 0.038 基础上再减去0.03,将选取的不同厚度薄钢带上涂上汽缸油迭加塞满BJ120镁锂合金波导管内孔内;由于BJ120镁锂合金波导管E面宽度尺寸和BJ100镁锂合金波导管E面宽度尺寸基本相同,在弯管机电脑屏幕上输入的参数与实例1中的步骤4相同。

[0079] 本实施例采用激光焊在弯管两端焊上法兰盘,连接测试仪测量得知:在 $9.84\sim 15.00\text{GHz}$ 范围内,损耗 $0.45\text{dB}/\text{m}$ 、驻波比1.15,波导管组件合格优良。

[0080] 实施例4

[0081] 本实施例提供了一种冷弯曲成型的镁锂合金BJ120波导管组件,其制作方法与实施例1基本相同。不同的是由于型号不同,其在窄面(H)和宽面(E)的尺寸发生了变化。

[0082] 本实施例提供的冷弯曲成型的镁锂合金BJ120波导管组件如图4所示,该波导管在H面(厚度)的内孔尺寸为 9.525 ± 0.038 ;所选薄钢带宽度应为 9.525 ± 0.038 基础上再减去0.03,将选取的不同厚度薄钢带上涂上汽缸油迭加塞满BJ120镁锂合金波导管内孔内;由于BJ120镁锂合金波导管H面厚度尺寸和BJ100镁锂合金波导管H面厚度尺寸基本相同,在弯管机电脑屏幕上输入的参数与实例1中的步骤4相同;但此组件弯管速度为 $26^\circ/\text{sec}$ 、平均弯曲速度为 $8^\circ/\text{sec}$ 。

[0083] 本实施例采用激光焊在弯管两端焊上法兰盘,连接测试仪测量得知:在 $9.84 \sim 15.00\text{GHz}$ 范围内,损耗 0.45dB/m 、驻波比1.15,波导管组件合格优良。

[0084] 实施例5

[0085] 本实施例提供了一种冷弯曲成型的镁锂合金BJ140波导管组件,其制作方法与实施例1基本相同。不同的是由于型号不同,其在宽面(E)和窄面(H)的尺寸发生了变化。

[0086] 本实施例提供的冷弯曲成型的镁锂合金BJ140波导管组件如图5所示,该波导管在E面(宽面)的内孔尺寸为 15.80 ± 0.031 ;所选薄钢带宽度应为 15.80 ± 0.031 基础上再减去0.03,将选取的不同厚度薄钢带上涂上汽缸油迭加塞满BJ140镁锂合金波导管内孔内;由于BJ140镁锂合金波导管E面宽度尺寸比BJ100、BJ120镁锂合金波导管在E面宽度尺寸小,所以在弯管机电脑屏幕上输入的技术参数应为:油压压力 10MPa ,弯曲角度 90° ,弯管速度 $25^\circ/\text{sec}$,弯曲半径 240mm ,夹紧行程 86mm ,顶紧行程 80mm ,平均弯曲速度 $7^\circ/\text{sec}$ 。

[0087] 本实施例采用激光焊在弯管两端焊上法兰盘,连接测试仪测量得知:在 $11.9 \sim 18.0\text{GHz}$ 范围内,损耗 0.57dB/m 、驻波比1.15,波导管组件合格优良。

[0088] 实施例6

[0089] 本实施例提供了一种冷弯曲成型的镁锂合金BJ140波导管组件,其制作方法与实施例1基本相同。不同的是由于型号不同,其在窄面(H)和宽面(E)的内腔尺寸发生了变化。

[0090] 本实施例提供的冷弯曲成型的镁锂合金BJ140波导管组件如图6所示,该波导管在H面(窄面)的内孔尺寸为 7.899 ± 0.031 ;所选薄钢带宽度应为 7.899 ± 0.031 基础上再减去0.03,将选取的不同厚度薄钢带上涂上汽缸油,然后迭加塞满BJ140镁锂合金波导管内孔内;由于BJ140镁锂合金波导管H面窄面尺寸比BJ100、BJ120镁锂合金波导管在H面窄面尺寸小,所以在弯管机电脑屏幕上输入的技术参数应为:油压压力 8MPa ,弯曲角度 90° ,弯管速度 $23^\circ/\text{sec}$,弯曲半径 220mm ,夹紧行程 82mm ,顶紧行程 78mm ,平均弯曲速度 $7^\circ/\text{sec}$ 。

[0091] 本实施例采用激光焊在弯管两端焊上法兰盘,连接测试仪测量得知:在 $11.9 \sim 18.0\text{GHz}$ 范围内,损耗 0.57dB/m 、驻波比1.15,波导管组件合格优良。

[0092] 本发明除上述实施例外还包括国标规定的BJ32~BJ320冷弯曲成型的镁锂合金波导管组件。

[0093] 本发明的冷弯曲成型镁锂合金波导管组件在加工完毕后,不超过24h内应采用如下配方:

[0094] CrO_3 10~14%L+ $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 1~3%+KF 0.1~0.3%+ HNO_3 0.5~1.5%+ H_2O 余量。进行防腐钝化处理,以避免在进一步镀覆(化学氧化、镀镍、镀银、镀金)前存放期间产

生表面腐蚀。

[0095] 本发明实施例所采用的镁锂合金波导管组件均符合以下国家标准要求:GB/T11450.1-1989《空心管金属波导管第一部分:一般要求和测量方法》,GB/T11450.2-1989《空心管金属波导管第二部分:普通矩形波导有关规范》,GB/T11450.5-1989《空心管金属波导管第六部分:中等扁矩形波导管有关规范》。

[0096] 上述各实施例中的镁锂合金波导管的可以采用如下方法制备:

[0097] 一种镁锂合金波导管的制作方法,包括以下步骤:

[0098] 步骤1、对镁锂合金铸棒进行机加工,以去除所述镁锂合金铸棒外表面的偏析瘤;

[0099] 镁锂合金铸棒优选 $\phi 90-100\text{mm}$ 铸棒,机加工量优选8-12mm,例如镁锂合金铸棒为 $\phi 98\text{mm}$ 铸棒,机加量为8mm,机加后得到 $\phi 90\text{mm}$ 铸棒;通过机加工可以避免最终产品中因夹杂偏析瘤导致的缺陷,通过控制切削量使得到的铸棒的尺寸公差精度达到 $\pm 1.0\text{mm}$ 左右;

[0100] 所用镁锂合金铸棒符合中华人民共和国国家标准GB/T5153—2003《变形镁及镁合金排号和化学成分》,GB/T33141—2016《镁锂合金铸锭》。即:Li 9.2~9.8、Al 0.8~1.5、Cd ≤ 0.001 、Se ≤ 0.001 、Fe+Cu 0.002~0.004、Mg余量;

[0101] 步骤2、对去除了偏析瘤的镁锂合金棒进行酸洗、干燥处理后,进行加热;

[0102] 优选将去除了偏析瘤的镁锂合金棒浸入酸洗溶液中,在18-38℃下,摆动浸渍0.25-3min,然后用水冲洗,其中,所述酸洗溶液包含以下质量百分比组分:GrO₃ 10-14%、Fe(NO₃)₃·9H₂O 1-3%、KF 0.1-0.3%、HNO₃ 0.5-1.5%、余量为H₂O;

[0103] 该酸洗方法能够去除机加工过程附着在镁锂合金棒表面的冷却润滑油或冷却润滑液,避免了这些残留油液在后续工艺中随着合金棒进入挤压筒时腐蚀挤压筒,进入挤压模具腔体时在成型材料中产生疏松及气孔;同时还能在金属棒表面形成化学氧化膜,避免了合金棒裸露放置时间过长时导致表面腐蚀;

[0104] 优选在250-260℃下,保温至少3h对去除了偏析瘤的镁锂合金棒进行加热;

[0105] 步骤3、通过挤压机对加热后的镁锂合金棒进行挤压成型,得到镁锂合金波导管毛坯;

[0106] 先给挤压机上模具,然后用在空气炉加热后的镁锂合金铸棒,进行挤压成型;挤压模具优选钢材质平面分流组合模具,包括上模和下模,上模上分流桥斜度(焊合角)优选25-36°、桥底圆角R优选2.5-3.5mm、焊合室高度优选25-35mm、分流孔优选4孔;

[0107] 初次挤压成型时,挤压力通过下式(1)确定:

$$P = BA_s \delta_p \ln \lambda + \mu \delta_p \pi (D+d) \quad (1)$$

[0109] 式中:

[0110] P为挤压力,MPa;

[0111] A_s为挤压筒或挤压针面积,cm²;

[0112] δ_p 为与变形速度和温度有关的变形抗力,MPa,对于镁锂合金在250℃左右时 δ_p 取值为36—47MPa;

[0113] λ 为挤压系数,为挤压筒面积和挤压制品的断面积的比值;

$$[0114] \mu \text{ 为 } \frac{1}{\sqrt{3}}$$

[0115] D为挤压筒直径,cm;

[0116] L为镁锂合金棒长度,cm;

[0117] d为挤压针直径,cm;

[0118] B为修正系数,取值为1.3-1.5,硬合金取下限1.3,软合金取上限1.5。

[0119] 由于镁锂合金波导管所需截面积、长度要求不同(最小截面积 4.0mm^2 ;最大截面积 $<200\text{mm}^2$;最大长度 2100mm),后续工艺中,在截面积不同时,采用式(2)确定挤压力:

[0120] $P=BA\delta_p \ln\lambda$ (2);

[0121] 先将钢材质的挤压成型模具在 $220-250^\circ\text{C}$ 下,保温至少2h,然后装配到挤压机模具台架上,在不超 2.5min 内进入挤压程序;在挤压程序中,在 $220-240^\circ\text{C}$ 下,对加热后的镁锂合金棒进行挤压,挤压比为69-83,镁锂合金波导管毛坯的挤出速度为 $0.5-0.8\text{m/min}$ 。通过控制挤压比和挤出速率,在保证镁锂合金波导管顺利挤出的同时避免镁锂合金波导管的管壁破损或扭曲,确保得到符合要求的波导管,进一步提高了成品率、降低了生产成本。

[0122] 进一步地,通过顺着镁锂合金波导管毛坯运动方向吹风,使挤压得到的镁锂合金波导管毛坯的温度在 $220-230^\circ\text{C}$,使毛坯得以淬火(固溶),从而产生强化相,增强波导管的力学强度,当风向与所述运动方向呈 $30-60^\circ$ 角,风量为 $1.5-2\text{m}^3/\text{min}$ 时,在确保波导管毛坯淬火的前提下避免了因风向和/或风量不当导致的波导管表面凹陷或弯曲问题;

[0123] 步骤4、对所述镁锂合金波导管毛坯进行校直、锯切及热处理,得到镁锂合金波导管。

[0124] 优选通过张力矫直机以 $1\%-3\%$ 的变形率进行校直,可使镁锂合金波导管消除纵向的形状不整,还可减小其内部的残余应力,提高强度并保持其良好的外形表面;

[0125] 所述的锯切包括:采用直径为 $350-400\text{mm}$ 的高速圆盘锯,以 $3200-3700\text{r/min}$ 的转速、 $1000-6000\text{mm/min}$ 的液压进给速度进行锯切,以确保产品的型面精度;

[0126] 所述的热处理包括:在 $180-200^\circ\text{C}$ 下,保温 $1.5-2.5\text{h}$,以使固溶(淬火)后的金属强化相,在一定的温度下和一定的时间内均扩散到各金属晶格中,起到强化金属的作用。

[0127] 镁锂合金波导管的制作方法,通过去除镁锂合金棒表面的偏析瘤、对镁锂合金棒进行酸洗预处理,实现用挤压机对镁锂合金棒进行挤压成型,得到外缘公差尺寸精度为 $\pm(0.04-0.05)$,内孔公差尺寸精度为 $\pm(0.017-0.03)$,内r角 $\leq 0.3-0.8$,外r角 $\leq 0.8-1.2$,矩形度为 $90^\circ \pm 10'$,弯曲度 600mm 不超过 0.25mm ,扭曲度 1000mm 不超过 1.6° 的镁锂合金波导管;

[0128] 上述方法制作的镁锂合金波导管为空心矩形柱状结构、空心扁矩形柱状结构、异型空心结构等。

[0129] 方式1

[0130] 一种镁锂合金波导管的制作方法,包括以下步骤:

[0131] 步骤1、对 $\phi 98\text{mm}$ 镁锂合金铸棒进行机加工,加工量为 8mm ,以去除所述镁锂合金铸棒外表面的偏析瘤,得到 $\phi 90\text{mm}$ 镁锂合金铸棒;

[0132] 步骤2、将 $\phi 90\text{mm}$ 镁锂合金铸棒浸入酸洗溶液中,在 20°C 下,摆动浸渍 1min ,然后用水冲洗、干燥,得到表面清洁的 $\phi 90$ 镁锂合金铸棒,所述酸洗溶液包含以下质量百分比组分: GrO_3 12%、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 2%、 KF 0.3%、 HNO_3 1%及余量为水;将表面清洁的

φ90mm 镁锂合金铸棒放入空气电炉中,加热至250℃(金属温度),保温3h;

[0133] 步骤3、通过国产电脑控制的650吨明晟挤压机对加热后的**φ90**镁锂合金铸棒进行挤压成型,得到镁锂合金波导管毛坯:

[0134] 挤压机上模具:挤压模具外形尺寸为**φ149×220mm**,钢材为H13,为平面分流组合模具,挤压模具包括上模和下模,上模上分流桥斜度(焊合角)为36°、桥底圆角R=3.5mm、焊合室高度为35mm、分流孔为4孔;将模具在空气炉中加热至250℃(金属温度)、保温2.5h后人工取出,装到挤压模具台架上,在2.5min内进入挤压程序;

[0135] 挤压成型:挤压筒径为**φ92mm**、加热温度为230℃、保温时间5h,主缸压力为188.6bar,突破点压力为221bar,挤压比69~83,挤压制品出口速度(速度为镁锂合金波导管毛坯的挤出速度)为0.5—0.8m/min;镁锂合金波导管毛坯从挤压机出口出来时、采用的是上方悬挂8台风机,顺着波导管毛坯运动方向吹风,风向与所述运动方向呈45°角,总风量为1.8m³/min,保证出口的镁锂合金波导管毛坯的温度为230℃。

[0136] 步骤4、对所述镁锂合金波导管毛坯进行校直、锯切及热处理,得到成品镁锂合金波导管:

[0137] 校直:通过150KN的张力矫直机以1%—3%的变形率进行校直;

[0138] 锯切:采用直径为380mm、厚度为3mm、行程为600mm的圆盘锯,以3500r/min的转速、3000mm/min的液压进给速度进行锯切,得到等尺寸的多个波导管;

[0139] 热处理:采用3吨国产苏州新光空气电炉对锯切得到的产品进行热处理,热处理时,用1.5h从室温升温至180℃,然后在180℃保温2.5h。

[0140] 得到的波导管材质均匀、精度高(内截面尺寸宽 $28.50 \pm 0.05\text{mm}$,内截面尺寸高 $12.62 \pm 0.05\text{mm}$,内角 $r_1 \leq 0.8$;外截面尺寸宽 $31.75 \pm 0.057\text{mm}$,外截面尺寸高 $15.88 \pm 0.057\text{mm}$,外角 $r_2 \leq 1.2$);主模电磁信号频率 f_L 为6.57GHz、 f_H 为9.99GHz。

[0141] 方式2

[0142] 一种镁锂合金波导管的制备方法与方式1基本相同,唯一不同的是上模上分流桥斜度为35°,桥底圆角R=3.4mm,焊合室高度33mm;

[0143] 得到的镁锂合金波导管材质均匀、精度高(内截面尺寸宽 $28.50 \pm 0.028\text{mm}$,内截面尺寸高 $5.0 \pm 0.028\text{mm}$,内角 $r_1 \leq 0.8$;外截面尺寸宽 $31.75 \pm 0.057\text{mm}$,外截面尺寸高 $8.25 \pm 0.057\text{mm}$,外角 $r_2 \leq 1.2$);主模电磁信号频率 f_L 为7.2GHz、 f_H 为11.5GHz。

[0144] 方式3

[0145] 一种镁锂合金波导管的制备方法与方式1基本相同,唯一不同的是为使水平翅筋金属能便好的从模具腔中流出成形,上模分流桥斜度为32°、桥底圆角R=2.8mm、焊合室高度为28mm;

[0146] 得到的波导管材质均匀、精度高(内截面尺寸宽 $10.16 \pm 0.03\text{mm}$,内截面尺寸高 $22.86 \pm 0.03\text{mm}$,内角 $r_1 \leq 0.6$;外截面尺寸宽 $12.16 \pm 0.04\text{mm}$,外截面尺寸高 $24.86 \pm 0.04\text{mm}$,外角 $r_2 \leq 0.8$;水平翅筋宽7mm×厚3mm);主模电磁信号频率 f_L 为8.2GHz、 f_H 为12.5GHz;同时本实施例提供的波导管具有对称设置在空心矩形柱两侧的两个水平翅筋,提高了平面度安装质量,解决了电磁遏流。

[0147] 方式4

[0148] 一种镁锂合金波导管的制备方法与方式1基本相同,唯一不同的是为使上下错位的翅筋能更好的从模具腔中流出成形,上模分流桥斜度为 30° 、桥底圆角 $R=3.0\text{mm}$,焊合室高度为 30mm ;

[0149] 得到的波导管材质均匀、精度高(内截面尺寸宽 $22.86\pm 0.03\text{mm}$,内截面尺寸高 $5.0\pm 0.03\text{mm}$,内角 $r_1\leq 0.5$;外截面尺寸宽 $25.40\pm 0.04\text{mm}$,外截面尺寸高 $7.54\pm 0.04\text{mm}$,外角 $r_2\leq 0.8$;两个上下错位翅筋宽 $7\text{mm}\times$ 厚 3mm);主模电磁信号频率 f_L 为 8.2GHz 、 f_H 为 12.5GHz ;同时本实施例提供的波导管具有错位设置在空心矩形柱两侧的两个水平翅筋,进一步提高了平面度安装质量,更好的消除了电磁遏流。

[0150] 方式5

[0151] 一种镁锂合金波导管的制备方法与方式1基本相同,唯一不同的是为使内孔中凸起的单脊能更好的从模具腔中流出成型,上模分流桥斜度为 28° 、桥底圆角 $R=2.7\text{mm}$ 、焊合室高度为 27mm ;

[0152] 得到的波导管材质均匀、精度高(内截面尺寸宽 $28.0\pm 0.05\text{mm}$,内截面尺寸高 $7.56\pm 0.05\text{mm}$,内角 $r_1\leq 0.5$;外截面尺寸宽 $31.0\pm 0.05\text{mm}$,外截面尺寸高 $15.1\pm 0.05\text{mm}$,外角 $r_2\leq 0.8$;内孔中凸起的单脊高 $7\text{mm}\times$ 厚 3mm);主模电磁信号频率 f_L 为 3.961GHz 、 f_H 为 11.705GHz ;凸起的单脊即可平均分配电磁波的流向,又提高了其弯曲时的抗撕裂性能。

[0153] 方式6

[0154] 一种镁锂合金波导管的制备方法与方式1基本相同,唯一不同的是为使内孔中凹进的单脊能更好的从模具腔中流出成型,上模分流桥斜度为 27° 、桥底圆角 $R=2.6\text{mm}$ 、焊合室高度为 26mm ;

[0155] 得到的波导管材质均匀、精度高(内截面尺寸宽 $28.0\pm 0.05\text{mm}$,内截面尺寸高 $12.6\pm 0.05\text{mm}$,内角 $r_1\leq 0.5$;外截面尺寸宽 $31.0\pm 0.05\text{mm}$,外截面尺寸高 $15.1\pm 0.05\text{mm}$,外角 $r_2\leq 0.8$;内孔中凹进的单脊深 $7\text{mm}\times$ 厚 3mm ;主模电磁信号频率 f_L 为 3.9GHz 、 f_H 为 11.7GHz ;凹进的单脊即可平均分配电磁波的流向,又提高了其弯曲时的抗撕裂性能。

[0156] 本发明各方式提供的波导管均符合以下国家标准要求:GB/T11450.1-1989《空心金属波导第一部分:一般要求和测量方法》,GB/T11450.2-1989《空心金属波导第二部分:普通矩形波导有关规范》,GB/T11450.5-1989《空心金属波导第六部分:中等扁矩形波导有关规范》。

[0157] 以上所述,仅为本发明最佳的具体实施方式,但本发明的保护范围不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

[0158] 本发明说明书未作详细描述的内容属于本领域专业技术人员的公知技术。

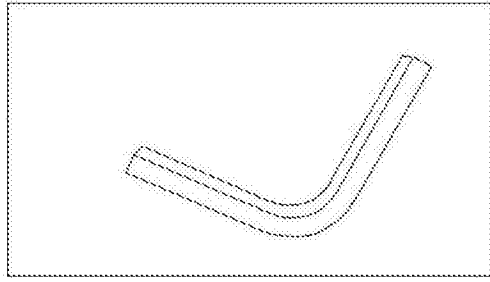


图1

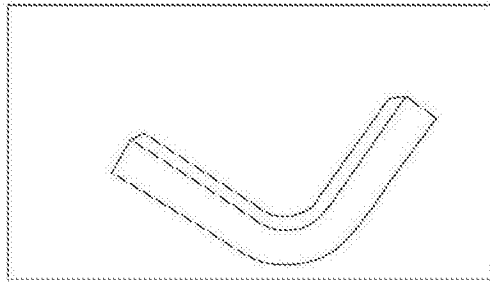


图2

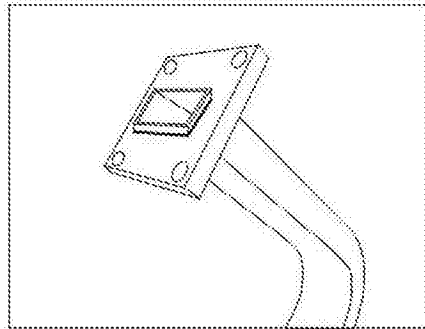


图3

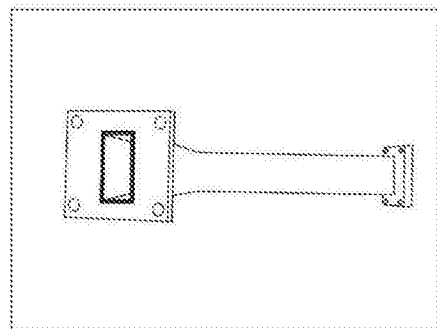


图4

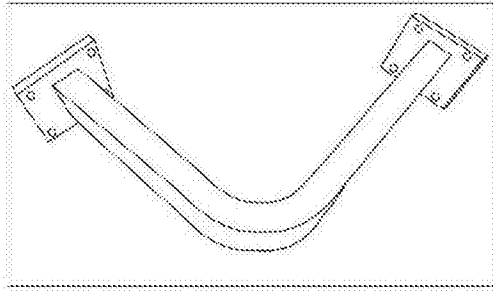


图5

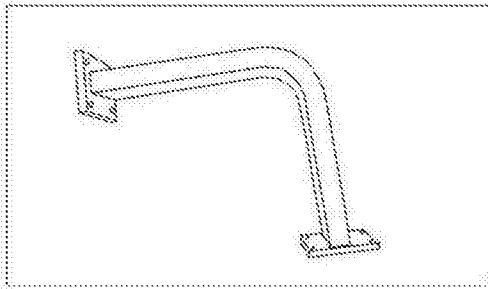


图6