



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108838508 B

(45) 授权公告日 2020.12.18

(21) 申请号 201810697625.6

(22) 申请日 2018.06.29

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108838508 A

(43) 申请公布日 2018.11.20

(73) 专利权人 首都航天机械公司
地址 100076 北京市丰台区南苑警备东路2号

专利权人 中国运载火箭技术研究院

(72) 发明人 高彦军 呼啸 李延民 孙世烜
熊林玉 徐坤和 白景彬 高培涛
王志峰 王一 许可人 张玉芝

(74) 专利代理机构 中国航天科技专利中心
11009

代理人 张辉

(51) Int.Cl.

B23K 20/12 (2006.01)

B23K 20/26 (2006.01)

审查员 颜敏

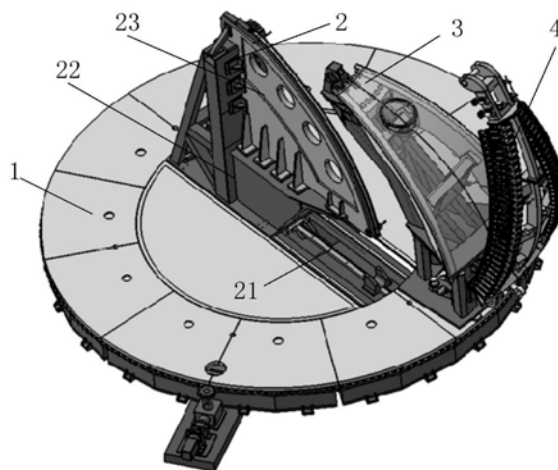
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种大直径运载火箭箱底圆环纵缝搅拌摩擦焊装置及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种大直径运载火箭箱底圆环纵缝搅拌摩擦焊装置及方法,该装置包括转台、移动垫板装置、N个分体膜胎以及N个外压系统;转台为圆环状台面,其上均匀划分成N个扇形区域,每个扇形区域上安装一个分体膜胎,每个分体膜胎上安装一个外压系统,移动垫板装置安装在转台内圆区域,且能沿转台内圆区域径向移动。应用该装置进行焊接的方法,能有效避免圆环组件的二次装配,解决产品内型面与垫板因二次装配带来的贴合不好,装配质量不高等问题,能够保证补焊前的装配质量,实现补焊100%合格,保证了重型运载火箭超大直径箱底纵缝焊接质量,提高了产品制造精度及效率。



1. 一种大直径运载火箭箱底圆环纵缝搅拌摩擦焊装置的焊接方法,其特征在于:

所述一种大直径运载火箭箱底圆环纵缝搅拌摩擦焊装置,包括转台(1)、移动垫板装置(2)、N个分体膜胎(3)以及N个外压系统(4);转台(1)为圆环状台面,其上均匀划分成N个扇形区域,每个扇形区域上安装一个分体膜胎(3),每个分体膜胎(3)上安装一个外压系统(4),移动垫板装置(2)安装在转台(1)内圆区域,且能沿转台(1)内圆区域径向移动;所述分体膜胎用于装配瓜瓣,外压系统用于将瓜瓣压紧在对应的分体膜胎上,移动垫板装置(2)用于焊接时支撑瓜瓣内型面,N为运载火箭箱底圆环瓜瓣个数;移动垫板装置(2)包括两根直线导轨(21)、支撑架(22)、电机(24)和垫板(23);两根直线导轨(21)沿转台(1)中心线对称安装在转台(1)内圆上,支撑架(22)安装在两根直线导轨(21)的滑块上,垫板(23)安装在支撑架(22)上,电机(24)通过丝杠与支撑架(22)连接,用于驱动支撑架(22)在两根直线导轨(21)上沿转台(1)内圆区域径向移动;所述垫板(23)外型面与瓜瓣内型面相匹配;焊接时,垫板(23)与相邻两个分体膜胎(3)形成连续椭球曲面;

还包括锁紧机构,用于实现移动垫板装置(2)移动到位后的锁紧;

所述外压系统(4)分别沿瓜瓣两侧纵缝以及瓜瓣上下两端将瓜瓣压紧在对应的分体膜胎(3)上;

焊接方法步骤如下:

步骤一,将瓜瓣对应装配到分体膜胎(3)上,并通过外压系统(4)压紧;

步骤二,将移动垫板装置(2)向靠近圆环纵缝的方向移动,直至与圆环纵缝内型面相匹配,锁紧定位;

步骤三,使用搅拌摩擦焊装置对步骤二中使用移动垫板装置(2)撑紧了的圆环纵缝区域进行焊接;

步骤四,将移动垫板装置(2)向远离圆环纵缝的方向移动,然后去除焊接缺陷;

步骤五,采用超声相控阵对焊接完成的圆环纵缝进行检测,如果无缺陷,则完成了该条圆环纵缝的焊接,进入步骤七;如果圆环纵缝内部有缺陷,则进行步骤六;

步骤六,重复步骤三-五进行补焊,直到无缺陷,即完成了该条圆环纵缝的焊接,进入步骤七;

步骤七,控制转台转动 $360^{\circ}/N$,返回步骤二,进行下一条圆环纵缝的焊接,直到完成所有圆环纵缝的焊接。

2. 根据权利要求1所述的焊接方法,其特征在于:所述步骤一中,在将瓜瓣对应装配到分体膜胎上之前,先清除圆环纵缝区域的氧化膜,使圆环纵缝区域呈现金属光泽。

3. 根据权利要求1所述的焊接方法,其特征在于:所述步骤四中,用风动砂布轮打磨圆环纵缝背部,以去除焊接缺陷。

4. 根据权利要求1所述的焊接方法,其特征在于:所述步骤五中,采用超声相控阵对焊接完成的圆环纵缝进行检测时,是对圆环纵缝的正面进行由下往上的检测。

一种大直径运载火箭箱底圆环纵缝搅拌摩擦焊装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种大直径运载火箭箱底圆环纵缝搅拌摩擦焊装置及方法,属于运载火箭箱底焊接技术领域,所述的大直径是指运载火箭的贮箱直径不小于7.5m。

背景技术

[0002] 搅拌摩擦焊(FSW)为英国焊接研究所于1991年发明的一种固相焊接工艺,在焊接过程中搅拌头将机械能转化为内能传递给被焊材料,由于焊接热输入量低,被焊金属只发生塑性流动而不熔化,不会产生气孔、热裂纹、过烧及接头软化现象,适合于铝、镁等轻质合金金属的连接。目前该项工艺已经在航空、船舶及航天等领域得到了广泛的应用。经过多年技术攻关,我国已经将搅拌摩擦焊技术成功应用在 $\Phi 3.35\text{m}$ 运载火箭铝合金贮箱箱底圆环纵缝的焊接上。

[0003] 随着未来对运载火箭有效载荷能力的不断加强,研发直径更大,有效载荷更多,推力更强的重型运载火箭是我国未来大规模开展空间站建设、载人登月及深空探测的有效途径。在前期的论证工作中,重型运载火箭芯级椭球箱底直径达到7.5m级,高度接近3~4.5m,箱底上的纵缝焊接若依旧采用 $\Phi 3.35\text{m}$ 贮箱箱底焊接方案,则会给制造带来很大的困难,主要体现在:

[0004] $\Phi 3.35\text{m}$ 焊接所用的膜胎为垫板不可拆卸与移动的整体死胎,焊接完成后需要将箱底从膜胎上吊下,剔除焊缝正面飞边,打磨焊缝背部后才能进行超声相控阵检测。如果某条焊缝出现超标缺陷,则需要将整个圆环重新返回膜胎进行补焊。重型运载火箭箱底直径达到 $\Phi 7.5\text{m}$ 级以上,属于超大超重产品,若焊接完成后将箱底吊离膜胎,在检测过程中发现需要补焊的超标缺陷,将箱底返回膜胎的难度巨大,由于焊接变形及收缩,一方面无法保证瓜瓣二次装配高度与一次装配时一致,另一方面回装后箱底扣在膜胎上,挡住了焊接垫板,无法通过有效手段测量并保证4~6m长的瓜瓣纵缝内形面与垫板外形面实现无间隙贴合。在装配质量不好的条件下进行补焊,无法保证补焊质量,严重的情况下还会发生搅拌头扎垫板,造成产品报废。

发明内容

[0005] 本发明的技术解决问题是:克服现有技术的不足,提供一种大直径运载火箭箱底圆环纵缝搅拌摩擦焊装置及方法。

[0006] 本发明的技术解决方案是:一种大直径运载火箭箱底圆环纵缝搅拌摩擦焊装置,包括转台、移动垫板装置、N个分体膜胎以及N个外压系统;

[0007] 转台为圆环状台面,其上均匀划分成N个扇形区域,每个扇形区域上安装一个分体膜胎,每个分体膜胎上安装一个外压系统,移动垫板装置安装在转台内圆区域,且能沿转台内圆区域径向移动;

[0008] 所述分体膜胎用于装配瓜瓣,外压系统用于将瓜瓣压紧在对应的分体膜胎上,移动垫板装置用于焊接时支撑瓜瓣内型面,N为运载火箭箱底圆环瓜瓣个数。

[0009] 移动垫板装置包括两根直线导轨、支撑架、电机和垫板；两根直线导轨沿转台中心线对称安装在转台内圆上，支撑架安装在两根直线导轨的滑块上，垫板安装在支撑架上，电机通过丝杠与支撑架连接，用于驱动支撑架在两根直线导轨上沿转台内圆区域径向移动。

[0010] 还包括锁紧机构，用于实现移动垫板装置移动到位后的锁紧。

[0011] 所述垫板外型面与瓜瓣内型面相匹配。

[0012] 焊接时，垫板与相邻两个分体膜胎形成连续椭球曲面。

[0013] 所述外压系统分别沿瓜瓣两侧纵缝以及瓜瓣上下两端将瓜瓣压紧在对应的分体膜胎上。

[0014] 利用摩擦焊装置的焊接方法，包括如下步骤：

[0015] 步骤一，将瓜瓣对应装配到分体膜胎上，并通过外压系统压紧；

[0016] 步骤二，将焊接垫板装置向靠近圆环纵缝的方向移动，直至与圆环纵缝内型面相匹配，锁紧定位；

[0017] 步骤三，使用搅拌摩擦焊设备对步骤中使用焊接垫板装置撑紧了的圆环纵缝区域进行焊接；

[0018] 步骤四，将焊接垫板装置向远离圆环纵缝的方向移动，然后打磨圆环纵缝背部，去除缺陷；

[0019] 步骤五，采用超声相控阵对焊接完成的圆环纵缝进行检测，如果无缺陷，则完成了该条圆环纵缝的焊接，进入步骤七；如果圆环纵缝内部有缺陷，则进行步骤六；

[0020] 步骤六，重复步骤(3)-(5)进行补焊，直到无缺陷，即完成了该条圆环纵缝的焊接，进入步骤七；

[0021] 步骤七，控制转台转动 $360^{\circ}/N$ ，返回步骤二，进行下一条圆环纵缝的焊接，直到完成所有圆环纵缝的焊接。

[0022] 所述步骤一中，在将瓜瓣对应装配到分体膜胎上之前，先清除瓜瓣纵缝圆环纵缝区域的氧化膜，使圆环纵缝区域呈现金属光泽。

[0023] 所述步骤四中，用风动砂布轮打磨圆环纵缝背部，以去除焊接缺陷。

[0024] 所述步骤五中，采用超声相控阵对焊接完成的圆环纵缝进行检测时，是对圆环纵缝的正面进行由下往上的检测。

[0025] 与现有技术相比，本发明具有如下有益效果：

[0026] (1) 本发明创造性地设计了移动垫板装置，焊接时将瓜瓣均安装在分体膜胎上，完成其中一条纵缝焊接后，移动垫板装置由零位沿径向向后退出一段距离，让出清理焊缝背部的空间，并进行无损检测。若出现需补焊的超标缺陷，通过移动垫板装置将垫板回到零位并锁死，外压系统压紧后，重新焊接该条焊缝。通过垫板的移动避免了瓜瓣的二次装配，解决了产品内型面与焊接垫板因二次装配带来的贴合不好，装配质量不高等问题，进行补焊时由于圆环没有从膜胎下拿下，产品与工装的相对位置没有改变，这样能够使垫板表面与产品紧密贴合，能够保证补焊前的装配质量，实现补焊100%合格，从而保证了重型运载火箭超大直径箱底纵缝焊接质量，提高了产品制造精度及效率。

[0027] (2) 本发明进行圆环纵缝焊接时，由于瓜瓣内型面与垫板外型面贴合好并通过外压系统进行压制，所以在不需要二次装配的基础上进一步保证了装配质量。

[0028] (3) 本发明装置和方法能够实现圆环纵缝焊接完成后不将瓜瓣组件摘下工装，就

能对搅拌摩擦焊焊缝背部进行打磨清理,使其满足相控阵检测要求,进一步保证了产品制造效率。

附图说明

- [0029] 图1为本发明装置示意图;
[0030] 图2为移动垫板装置示意图;
[0031] 图3为垫板与瓜瓣内型面撑紧状态示意图;
[0032] 图4为垫板与瓜瓣内型面分离示意图。

具体实施方式

[0033] 大直径运载火箭箱底包括顶盖、圆环和叉形环,顶盖通过焊接的方式连接在圆环的上端,叉形环通过焊接的方式连接在圆环的下端,圆环为回转体,其母线为变曲率椭球曲线,母线的轨迹方程为 $y = \frac{1}{1.33} \sqrt{4750^2 - x^2}$;箱底的直径不小于7.5m,高度为3~4.5m,该回

转体由多块瓜瓣通过拼焊形成;瓜瓣之间形成圆环纵缝;圆环纵缝的长度为4~6m。

[0034] 为了满足大直径运载火箭(Φ7.5m级以上)箱底圆环纵缝焊接需求,本发明提出一种大直径运载火箭箱底圆环纵缝搅拌摩擦焊装置。

[0035] 实施例:
[0036] 以贮箱直径达到Φ7.5m级、箱底圆环由12块瓜瓣组成的重型运载火箭为例,介绍本发明装置和焊接方法:

[0037] 如图1所示,本发明包括转台1、移动垫板装置2、12个分体膜胎3以及12个外压系统4。

[0038] 如图1和图2所示,移动垫板装置2包括两根直线导轨21、支撑架22、电机24和垫板23;两根直线导轨21沿转台1中心线对称安装在转台1内圆上,支撑架22安装在两根直线导轨21的滑块上,垫板23安装在支撑架22上,电机24通过丝杠与支撑架22连接,用于驱动支撑架22在两根直线导轨21上沿转台1内圆区域径向移动。

[0039] 为了实现移动垫板装置2移动到位后的锁紧,移动垫板装置2上还设置锁紧机构。

[0040] 转台1为圆环状台面,其上均匀划分成12个扇形区域,每个扇形区域上安装一个分体膜胎3,每个分体膜胎3上安装一个外压系统4,移动垫板装置2安装在转台1内圆区域,且能沿转台1内圆区域径向移动;

[0041] 分体膜胎用于装配瓜瓣,外压系统分别沿瓜瓣两侧纵缝以及瓜瓣上下两端将瓜瓣压紧在对应的分体膜胎3上,移动垫板装置2用于焊接时支撑瓜瓣内型面。

[0042] 进一步地,垫板23外型面与瓜瓣内型面相匹配,且焊接时,垫板23与相邻两个分体膜胎3形成连续椭球曲面。

[0043] 本发明的焊接方法如下:

[0044] 步骤一,用钢丝刷及刮刀清除瓜瓣纵缝圆环纵缝区域的氧化膜,使圆环纵缝区域呈现金属光泽;将12块瓜瓣对应装配到分体膜胎3上,并通过外压系统4压紧;

[0045] 步骤二,将移动垫板装置2向靠近圆环纵缝的方向移动,直至与圆环纵缝内型面相匹配,此时垫板外型面与瓜瓣内型面相拟合,触发锁紧机构锁紧焊接垫板装置2,保证垫板

撑紧了瓜瓣内型面,同时焊接过程中垫板不回退,如图2所示;

[0046] 步骤三,使用搅拌摩擦焊装置对步骤二中使用移动垫板装置2撑紧了的圆环纵缝区域进行焊接;

[0047] 步骤四,将移动垫板装置2向远离圆环纵缝的方向移动,与完成焊接的圆环纵缝分离,如图3所示,然后用风动砂布轮打磨圆环纵缝背部,去除未焊透等肉眼可见缺陷;

[0048] 步骤五,采用超声相控阵对焊接完成的圆环纵缝正面由下往上进行检测,若无缺陷,则完成了该条圆环纵缝的焊接,进入步骤七;如果圆环纵缝内部有缺陷,标记出焊缝内部超标缺陷,进行步骤六;

[0049] 步骤六,重复步骤三—步骤五进行补焊,直到无缺陷,即完成了该条圆环纵缝的焊接,进入步骤七;

[0050] 步骤七,控制转台转动 30° ,返回步骤二,进行下一条圆环纵缝的焊接,直到完成所有圆环纵缝的焊接。

[0051] 本发明提出了一种解决重型运载火箭 $\Phi 7.5\text{m}$ 级以上箱底圆环纵缝搅拌摩擦焊装置及焊接方法,很好地解决了搅拌摩擦焊一次焊接后因焊接缺陷需要二次装夹补焊带来的产品内型面与工装垫板贴合不好,装配质量差,补焊质量不好的问题,为重型运载火箭箱底的研制提供技术支撑。

[0052] 同时,本发明在圆环纵缝完成焊接后,能够让圆环与移动垫板装置分离,使焊缝背部显露出来,可以使用工具对搅拌摩擦焊焊缝背部特有的弱结合缺陷进行清理,避免了焊缝与垫板贴合带来的检测干扰和误判问题,利用超声相控阵检测方法能够实现圆环纵缝焊接完成后超标缺陷的检测、判读及位置精度标定,为后续的补焊提供基础。

[0053] 本发明未详细说明部分属于本领域技术人员公知常识。

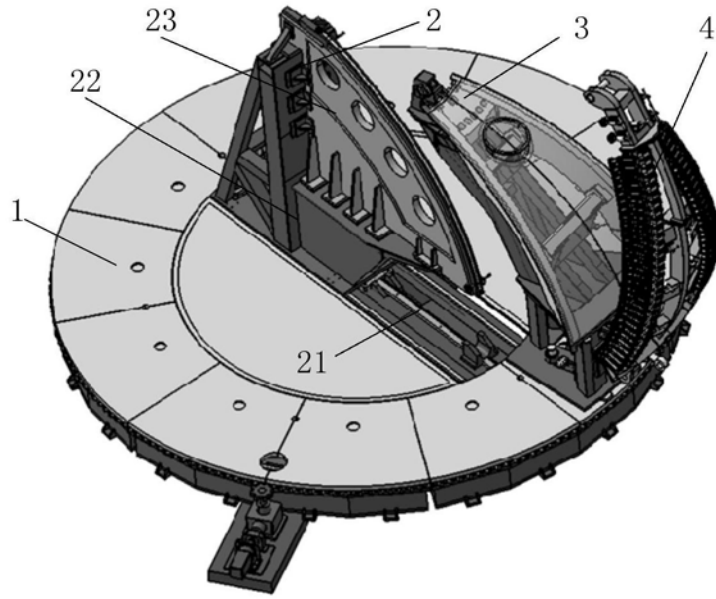


图1

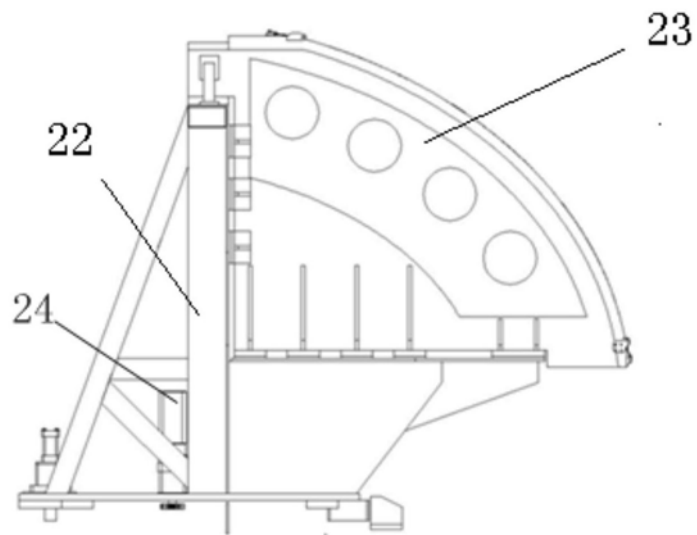


图2

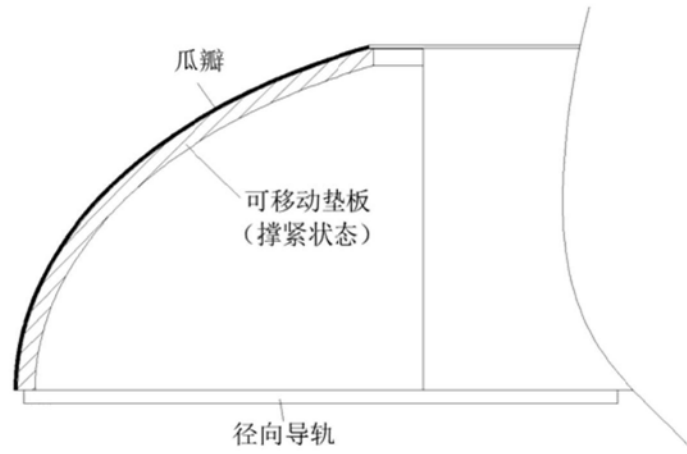


图3

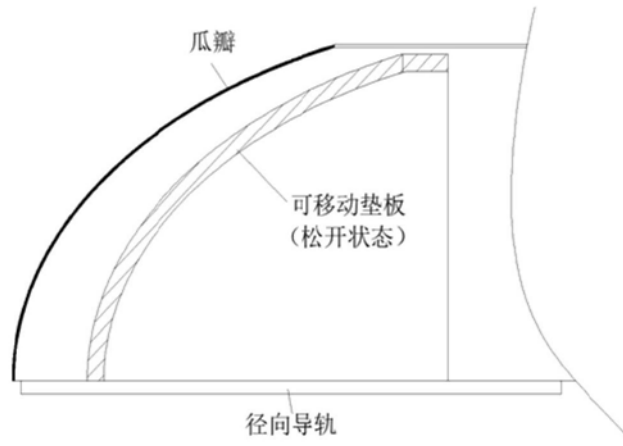


图4