



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 110539138 B

(45)授权公告日 2020.07.28

(21)申请号 201910940718.1

审查员 袁俊俊

(22)申请日 2019.09.30

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110539138 A

(43)申请公布日 2019.12.06

(73)专利权人 北京星航机电装备有限公司

地址 100074 北京市丰台区云岗东王佐北路9号

(72)发明人 王斌 李鹤鹏 师利民 刘太盈

朱冬妹 王瑞 高海涛 马向宇

(74)专利代理机构 中国兵器工业集团公司专利

中心 11011

代理人 祁恒

(51)Int.Cl.

B23P 15/00(2006.01)

权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种铝合金轻量化主动冷却结构蒙皮制备方法

(57)摘要

本发明提出一种铝合金轻量化主动冷却结构蒙皮制备方法,该蒙皮为双层结构,外层为曲面形状,内层通过激光选区焊接后和外层连接,然后高温下在内层和外层中充入一定胀形气体,内层局部未焊合部位在气体介质作用下成形,形成U型加强筋。本发明将常规超塑气胀成形方法和激光穿透焊接方法进行结合,成形精度高,零件的整体性好,实现新结构形式蒙皮类零件的高强度、主动冷却、轻量化三大功能。该方法无需热校形和去应力退火,能够实现成形、校形、热应力退火三道工序一次完成。本发明通用性强,可通过材料的替换实现高温合金、钛合金及不锈钢主动冷却结构蒙皮的成形,成形零件的综合性能良好、成形精度高、成本低。



1. 一种铝合金轻量化主动冷却结构蒙皮制备方法,其特征在于,所述制备方法包括如下步骤:

S1、坯件设计:根据蒙皮的结构形式,计算曲面蒙皮展开坯料,按照展开坯料确定坯料尺寸并下料,坯料分为芯层加强板和外层板;

S2、画线:在芯层加强板施焊面上画线;

S3、加工进气槽:根据后续成形气路要求,在芯层加强板和外层板上铣进气槽,进气槽长度深入到模具型腔内部;

S4、坯料表面处理:将芯层加强板和外层板酸洗并对焊接部位进行打磨,实焊前对焊接区域用钢丝刷打磨抛光;

S5、工装夹持:将酸洗打磨抛光处理的芯层加强板和外层板平行叠放装卡,装卡时保证芯层加强板紧密贴合;

S6、激光焊接:采用激光焊接工装将芯层加强板和外层板压实后实施激光焊接;其中,激光焊接时确保芯层加强板和外层板完全贴合,保证实焊过程板材不翘曲变形;从芯层加强板实施焊接,焊接电流根据芯层加强板的厚度进行调节,保证芯层加强板能够焊透,但不能击穿外层板;

S7、氩弧焊接封口:将激光焊接后的双层板周边采用氩弧焊接封口,形成密闭空腔,并焊接进气管;

S8、装模:将氩弧焊封口后的坯料装模;

S9、模具加热升温:设定成形温度480℃,加热升温过程中必须保证模具受热均匀;

S10、模具合模:为避免坯料在升温过程中软化而形成坍塌,当模具温度达到350℃后将模具合模,使坯料完全贴和模具;

S11、超塑气胀成形:模具到达设定温度后,在芯层加强板和外层板形成的密封腔中进气成形,内层局部未焊合部位在气体介质作用下形成U型加强筋;

S12、脱模:在100℃~150℃出炉,然后热脱模,得到铝合金轻量化主动冷却结构蒙皮。

2. 如权利要求1所述的制备方法,其特征在于,在所述步骤S1中,芯层加强板厚度1.0mm,外层板厚度2.0mm。

3. 如权利要求2所述的制备方法,其特征在于,所述芯层加强板和外层板均为5083铝合金板材。

4. 如权利要求1所述的制备方法,其特征在于,在所述步骤S3中,所述进气槽宽度5mm,深度 $0.5\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 。

5. 如权利要求1所述的制备方法,其特征在于,在所述步骤S7中,焊接封口完毕后采用抽真空检漏,确保封口焊接不漏气。

6. 如权利要求1所述的制备方法,其特征在于,在所述步骤S8中,装模时对坯料施加预紧力,使坯料弯曲;为避免氩弧焊焊缝及激光穿透焊焊缝在冷态下压过程中开裂,装模时对坯料施加的预紧力使零件产生些许变形即可。

7. 如权利要求1所述的制备方法,其特征在于,在所述步骤S11中,成形气体介质按照0.01MPa/10min进气速率进气,最大进气压力1.5MPa,保压时间30min。

一种铝合金轻量化主动冷却结构蒙皮制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于铝合金超塑性成形加工技术领域,具体涉及一种铝合金轻量化主动冷却结构蒙皮制备方法。

背景技术

[0002] 随着高超声速型号的发展,传统的金属材料已经不能完全满足耐温的要求,国外高超声速飞行器的发展基本也是采用轻金属+TPS的结构形式,在轻金属中,铝合金是最成熟的材料。研究铝合金超塑性的目的在于利用其成形零件或结构件,特别是成形复杂形状的零部件,可大大降低成本并提高构件的使用性能。国外将金属超塑成形技术用于生产,特别是用于航空、航天等结构件。超塑性合金的变形抗力低,因此可以采用低廉、新型或超轻的成形设备。超塑性成形能保证非常小的公差配合,因此能减少加工费用,节约材料。超塑性合金的显微组织很细,晶粒均匀,因此获得的产品力学性能较好,这些优点使超塑性在工业上受到青睐。

[0003] SPF/DB组合技术虽然在钛合金多层构件制造方面取得了发展,但仅就航空航天领域而言,还存在巨大的发展空间,在技术推动和需求牵引双重作用下,开发现有材料的超塑性和其它连接技术与SPF的组合技术研究在宇航结构制造领域具有极其重要的意义。5083铝合金是Al-Mg系合金中的典型合金,具有高的物理性能和机械强度,并有优良的可加工性、抗腐蚀性、可焊接性及低廉的价格等优点,因此被广泛应用于航天、航空、船舶等领域。研究5083铝合金的超塑性及成形性能具有重要的理论和应用价值,在满足现代飞机性能要求的前提下开发铝合金的多层结构既可降低制造成本又可减轻重量。但由于铝合金的氧化膜问题使铝合金的扩散连接不容易进行,因而通过SPF/DB成形铝合金的多层结构就显得比较困难。采用激光焊接铝合金具有焊接能量密度高、热输入集中、可靠性高、无需真空条件,焊接过程中工件变形小,焊缝热影响区较小,同等热输入量熔深大,接头强度较高,焊接速度快,生产效率高和易于工业自动化等优点。因此,采用激光焊接+超塑成形组合技术制造出铝合金的多层结构将大大地扩大铝合金在航天上的应用。

[0004] 近几年,随着大功率、高性能激光焊机的不断出现,铝合金的激光焊接技术也得到了很大的发展,成为最有前景的铝合金焊接方法。国内外的许多学者对多种铝合金的激光焊接进行了研究,对激光焊接工艺参数、激光焊接的组织性能和激光焊接中产生的缺陷等进行了大量的分析。华中科技大学许国良教授在5kW级横流CO₂激光器上采用2-3kW低阶模功率输出,在20-120cm/min焊速下实现了1~4mm厚的6063型号铝合金的熔焊及对焊和1.5~4mm厚的LY12铝合金的对焊,并分析了工艺参数对焊接结果的影响。A. Ancona等对3mm厚的5083铝合金进行了激光对接焊实验研究。实验使用2.5kW的CO₂激光器,采用氦气作为保护气。对焊接速度和激光入射功率的变化对焊缝机械性能的影响作了详细分析。E. Cicala对如何避免Al-Mg-Si合金激光焊接过程中产生热裂纹作了仔细研究。由于铝合金的化学活泼性很强,表面极易形成氧化膜,且具有难熔性质,加之铝合金导热性强,焊接时容易造成不熔合现象;同时,氧化膜可以吸收较多的水分,从而导致焊缝气孔的形成;此外,铝合金的线

膨胀系数大,导热导电性强,焊接时容易产生咬边、翘曲变形等缺陷,并且焊后接头力学性能下降。因此,提高铝合金的激光焊接技术,研究、开发新的铝合金激光复合焊接方法,成为决定铝合金在诸多领域应用的关键技术之一。

[0005] 目前燃料舱在设计上采用蒙皮+均布U型筋结构形式和波纹板两种结构形式。传统蒙皮+U型筋结构形式或腹板结构一般采用成形后点焊的工艺方式,U型筋只是支撑作用。燃料舱的U型筋或波纹板还需实现流道作用,燃油在U型筋内流动,实现主动冷却,因此U型筋周边必须是密封结构。如果采用高能束穿透焊接U型筋,由于焊缝多而且长,会引起蒙皮巨大变形,而且无法后续校形。因此需要以5083铝合金为原材料,开展多层结穿透焊接/超塑成技术,实现铝合金轻量化结构蒙皮的结构功能一体化制造技术。

发明内容

[0006] (一)要解决的技术问题

[0007] 本发明提出一种铝合金轻量化主动冷却结构蒙皮制备方法,以解决如何克服铝合金钎焊及扩散焊难度大,焊缝强度不高的技术问题。

[0008] (二)技术方案

[0009] 为了解决上述技术问题,本发明提出一种铝合金轻量化主动冷却结构蒙皮制备方法,该制备方法包括如下步骤:

[0010] S1、坯件设计:根据蒙皮的结构形式,计算曲面蒙皮展开坯料,按照展开坯料确定坯料尺寸并下料,坯料分为芯层加强板和外层板;

[0011] S2、画线:在芯层加强板施焊面上画线;

[0012] S3、加工进气槽:根据后续成形气路要求,在芯层加强板和外层板上铣进气槽,进气槽长度深入到模具型腔内部;

[0013] S4、坯料表面处理:将芯层加强板和外层板酸洗并对焊接部位进行打磨,实焊前对焊接区域用钢丝刷打磨抛光;

[0014] S5、工装夹持:将酸洗打磨抛光处理的芯层加强板和外层板平行叠放装卡,装卡时保证芯层加强板紧密贴合;

[0015] S6、激光焊接:采用激光焊接工装将芯层加强板和外层板压实后实施激光焊接;

[0016] S7、氩弧焊接封口:将激光焊接后的双层板周边采用氩弧焊接封口,形成密闭空腔,并焊接进气管;

[0017] S8、装模:将氩弧焊封口后的坯料装模;

[0018] S9、模具加热升温:设定成形温度480℃,加热升温过程中必须保证模具受热均匀;

[0019] S10、模具合模:为避免坯料在升温过程中软化而形成坍塌,当模具温度达到350℃后将模具合模,使坯料完全贴和模具;

[0020] S11、超塑气胀成形:模具到达设定温度后,在芯层加强板和外层板形成的密封腔中进气成形,内层局部未焊合部位在气体介质作用下形成U型加强筋;

[0021] S12、脱模:在100℃~150℃出炉,然后热脱模,得到铝合金轻量化主动冷却结构蒙皮。

[0022] 进一步地,在步骤S1中,芯层加强板厚度1.0mm,外层板厚度2.0mm。

[0023] 进一步地,芯层加强板和外层板均为5083铝合金板材。

[0024] 进一步地,在步骤S3中,进气槽宽度5mm,深度 $0.5\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 。

[0025] 进一步地,在步骤S6中,激光焊接时确保芯层加强板和外层板完全贴合,保证实焊过程板材不翘曲变形;从芯层加强板实施焊接,焊接电流根据芯层加强板的厚度进行调节,保证芯层加强板能够焊透,但不能击穿外层板。

[0026] 进一步地,在步骤S7中,焊接封口完毕后采用抽真空检漏,确保封口焊接不漏气。

[0027] 进一步地,在步骤S8中,装模时对坯料施加预紧力,使坯料弯曲;为避免氩弧焊缝及激光穿透焊焊缝在冷态下压过程中开裂,装模时对坯料施加的预紧力使零件产生些许变形即可。

[0028] 进一步地,在步骤S11中,成形气体介质按照 $0.01\text{MPa}/10\text{min}$ 进气速率进气,最大进气压力 1.5MPa ,保压时间 30min 。

[0029] (三)有益效果

[0030] 本发明提出一种铝合金轻量化主动冷却结构蒙皮制备方法,该主动冷却结构蒙皮为双层结构,其中外层为曲面形状,形成蒙皮的外表面,内层通过激光选区焊接后和外层连接,然后高温下在内层和外层中充入一定胀形气体,内层局部未焊合部位在气体介质作用下成形,形成U型加强筋。本发明将常规超塑气胀成形方法和激光穿透焊接方法进行结合,成形精度高,零件的整体性好,实现新结构形式蒙皮类零件的高强度、主动冷却、轻量化三大功能。该方法无需热校形和去应力退火,能够实现成形、校形、热应力退火三道工序一次完成。本发明通用性强,可通过材料的替换实现高温合金、钛合金及不锈钢主动冷却结构蒙皮的成形,成形零件的综合性能良好、成形精度高、成本低。

附图说明

[0031] 图1为本发明实施例中轻量化主动冷却结构蒙皮结构三视图;

[0032] 图2为本发明实施例轻量化主动冷却结构蒙皮制备方法流程图;

[0033] 图3为本发明实施例制备方法中画线示意图;

[0034] 图4为本发明实施例制备方法中加工进气槽示意图;

[0035] 图5为本发明实施例制备方法中工装夹持状态三视图。

具体实施方式

[0036] 为使本发明的目的、内容和优点更加清楚,下面结合附图和实施例,对本发明的具体实施方式作进一步详细描述。

[0037] 本实施例提出一种铝合金轻量化主动冷却结构蒙皮制备方法,该蒙皮结构如图1所示,零件外层蒙皮采用厚度 2.0mm 的5083铝合金板材,内层采用厚度 1.0mm 的5083铝合金板材,零件外形为规则的圆弧曲面,内层为纵横十字空心结构,加强筋为U型形状,其中纵向加强筋三根,横向加强筋五根。加强筋保证零件的强度和刚度,工作时冷却液体在U型筋中循环流动,起到冷却的作用,保证铝合金能够在较高的温度下使用。

[0038] 如图2所示,上述蒙皮的制备方法具体包括如下步骤:

[0039] S1、坯件设计:根据蒙皮的结构形式,计算曲面蒙皮展开坯料,曲面蒙皮展开坯料可根据钣金设计手册进行计算,按照展开坯料确定坯料尺寸并下料,将坯料标记为芯层加强板和外层板。本实施例中,展开坯料按照中心圆周长计算,如零件壁厚 2mm ,则展开坯料为

$\pi*(d+1)$,其中d为内圆直径。

[0040] S2、画线:在芯层加强板施焊面上用划针画出激光焊接轨迹线,后续激光选区焊接时激光枪将沿轨迹线对芯层加强板和外层板进行焊接;为避免板材划伤,画线深度不宜太深,以肉眼可见即可,如图3所示。

[0041] S3、加工进气槽:根据后续成形气路要求,在芯层加强板和外层板上铣进气槽,进气槽宽度为5mm,深度 $0.5\text{mm}\pm 0.1\text{mm}$,进气槽长度应深入到模具型腔内部,如图4所示。

[0042] S4、坯料表面处理:将芯层加强板和外层板酸洗并对焊接部位进行打磨,由于铝合金在常温暴露于大气时也容易氧化,为保证激光穿透焊接焊缝强度,实焊前需要对焊接区域用钢丝刷打磨抛光。

[0043] S5、工装夹持:将酸洗打磨抛光处理的芯层加强板和外层板平行叠放装卡,装卡时必须保证芯层加强板紧密贴合,尤其是需要激光焊接部位必须用工装压实,同时保证焊接时板材不会变形翘曲,每条需要焊接的焊缝都必须有工装压实,如图5所示;

[0044] S6、激光焊接:采用激光焊接工装将芯层加强板和外层板压实后实施激光焊接,激光焊接时必须确保芯层加强板和外层板完全贴合,保证实焊过程板材不翘曲变形;激光焊接是从芯层加强板实施焊接,焊接电流根据芯层加强板的厚度进行调节,保证芯层加强板能够焊透,但不能击穿外层板。

[0045] S7、氩弧焊接封口:将激光焊接后的双层板周边采用氩弧焊接封口,形成密闭空腔,并焊接进气管,焊接完毕后可采用抽真空检漏,确保封口焊接不漏气。

[0046] S8、装模:将氩弧焊封口后的坯料装模,装模时可对坯料施加预紧力,使坯料弯曲,为避免氩弧焊焊缝及激光穿透焊焊缝在冷态下压过程中开裂,装模时对坯料施加的预紧力使零件产生些许变形即可。

[0047] 装模时应将上下模具用导柱合模,然后将上下模具用压块固定在设备的上下平台上,然后卸掉导柱。

[0048] S9、模具加热升温:设定成形温度 480°C ,加热升温过程中必须保证模具受热均匀,大型模具可适当延长均温时间。

[0049] S10、模具合模:为避免坯料在升温过程中软化而形成坍塌,当模具温度达到 350°C 后可将模具合模,使坯料完全贴和模具。此时压力机开始加载机械压力,压力机所需压力吨位可根据胀形面积 \times 最大进气压力计算得出。

[0050] S11、超塑气胀成形:模具到达设定温度后,在芯层加强板和外层板形成的密封腔中进气成形,内层局部未焊合部位在气体介质作用下形成U型加强筋。

[0051] 本实施例中,成形气体介质为高纯氩气(纯度高于99.99%),为发挥材料的超塑性性能,进气速率不宜过快,按照 $0.01\text{MPa}/10\text{min}$ 进气速率进气,最大进气压力为 1.5MPa ,保压时间 30min 。本实施例中,胀形温度设定为 $480\sim 500^{\circ}\text{C}$,由于模具尺寸较大,需要长时间保温使模具均温,胀形保压时间为 30min ,工艺参数如表1所示。

[0052] 表1成形工艺参数

[0053]	工艺参数	成形温度 (°C)	升温时间 (min)	保温时间 (min)	合模压力 (MPa/mm ²)	成形气压 (MPa)	成形时间 (min)
	数值	480~500	240~300	90~120	5~8	1.2~1.5	30

[0054] S12、脱模检验：在100℃~150℃出炉，然后热脱模，得到铝合金轻量化主动冷却结构蒙皮。

[0055] 以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明技术原理的前提下，还可以做出若干改进和变形，这些改进和变形也应视为本发明的保护范围。

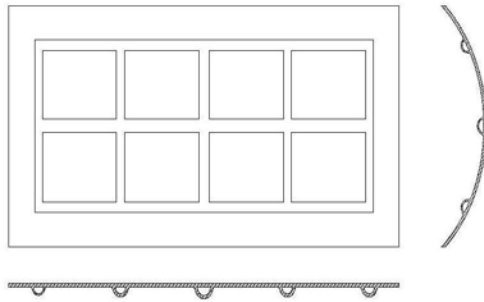


图1

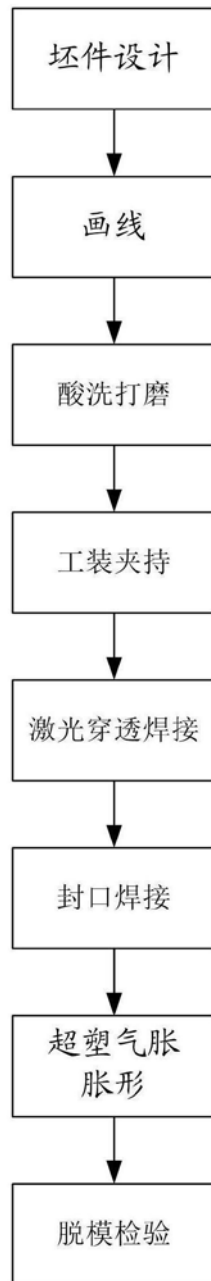


图2

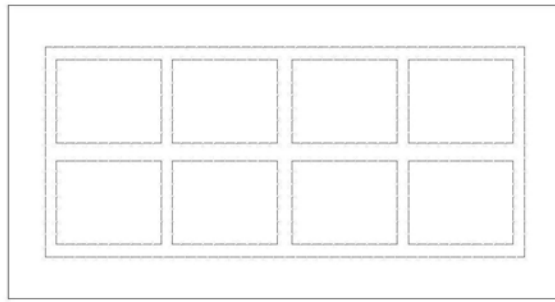


图3

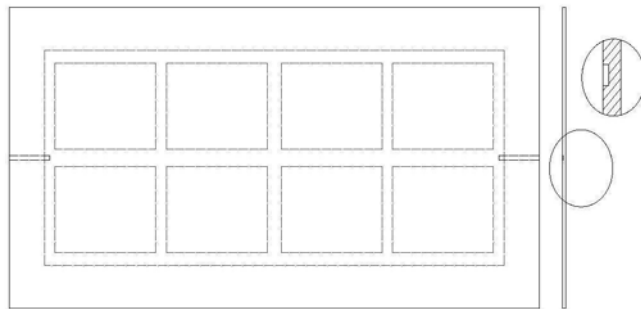
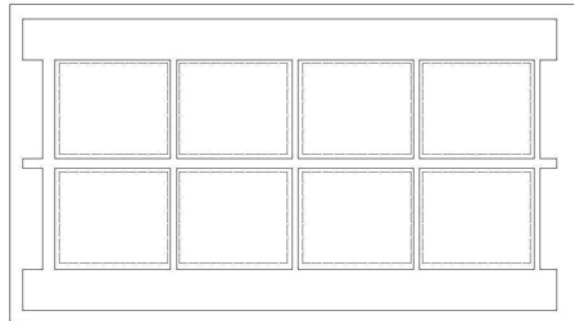
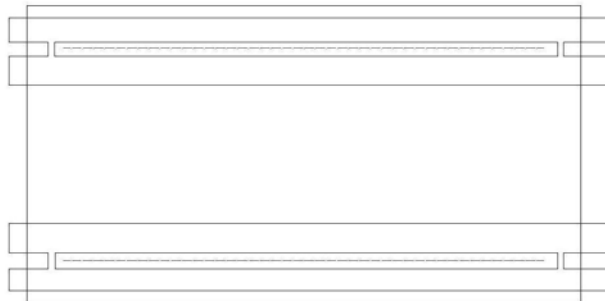


图4



(a)



(b)



(c)

图5