(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110641027 A
(43)申请公布日 2020.01.03

(21)申请号 201910915499.1

(22)申请日 2019.09.26

(71)申请人 沈阳航空航天大学
地址 110136 辽宁省沈阳市道义经济开发区道义南大街37号

(72)发明人 姬书得 熊需海 刘景麟 岳玉梅 吕赞 马琳 杨康 宋崎

(74)专利代理机构 沈阳东大知识产权代理有限公司 21109
代理人 刘晓岚

(51)Int.Cl.
B29C 65/06(2006.01)
B29C 65/08(2006.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

用于长纤维增强热塑性复合材料与异种材料的点连接方法

(57)摘要

本发明涉及了一种用于长纤维增强热塑性复合材料与异种材料的点连接方法:(1)在长纤维增强热塑性复合材料表面预制圆柱形凸台,将与长纤维增强热塑性复合材料连接的材料上表面开设内壁带有螺纹的圆台形孔;(2)长纤维增强热塑性复合材料作为上板,与其连接的材料作为下板,用夹具固定;(3)驱动外部辅助静止轴肩向下移动至与上板接触;(4)启动超声系统对待连接件预热;(5)驱动无针搅拌头旋转下扎,下扎量不大于圆柱形凸台高度;(6)将无针搅拌头及外部辅助静止轴肩上移,关闭超声系统,待试件冷却至室温后取下;该发明在连接过程中不破坏长纤维增强热塑性复合材料的碳纤维结构,可以实现无减薄连接,且能够增加接头的机械互锁能力。

CN 110641027 A

1.一种用于长纤维增强热塑性复合材料与异种材料的点连接方法，其特征在于：具体包括以下步骤：

步骤一：在长纤维增强热塑性复合材料表面预制有圆柱形凸台，将与长纤维增强热塑性复合材料连接的异种材料上表面开设内壁带有螺纹的圆台形孔；

步骤二：将待连接零件置于工作台上，长纤维增强热塑性复合材料作为上板，与长纤维增强热塑性复合材料连接的异种材料作为下板，使用夹具进行固定并在下板底面放置超声变幅杆，此时保持无针搅拌头与上板中圆柱形凸台的上表面接触；

步骤三：驱动外部辅助静止轴肩向下移动，直至与上板接触；

步骤四：启动超声系统对待连接材料预热5s至30min，超声振动功率为60～2000W，振幅为15～55μm；

步骤五：预热结束后驱动无针搅拌头以50～8000rpm的速度转动，并以0.1～10mm/min的速度下扎，下扎量不大于圆柱形凸台高度，达到下扎量后只保持旋转运动并停留1～120s进行焊接；

步骤六：焊接结束后，将无针搅拌头及外部辅助静止轴肩上移，关闭超声系统，待试件冷却至室温后取下。

2.根据权利要求1所述的用于长纤维增强热塑性复合材料与异种材料的点连接方法，其特征在于：所述无针搅拌头直径大于凸台直径1～50mm，圆柱形凸台的高度为0.5～20mm。

3.根据权利要求1所述的用于长纤维增强热塑性复合材料与异种材料的点连接方法，其特征在于：所述步骤一中的圆台形孔的上底直径为无针搅拌头直径的5～70％，圆台形孔下底直径为无针搅拌头直径的5～80％，圆台形孔上底面积小于下底面积，以便于增加接头的抗弯曲能力。

4.根据权利要求3所述的用于长纤维增强热塑性复合材料与异种材料的点连接方法，其特征在于：所述圆台形孔均匀分布于点焊区，以提高接头的抗扭转能力，具体数量根据需要进行设计。

5.根据权利要求1所述的用于长纤维增强热塑性复合材料与异种材料的点连接方法，其特征在于：所述预制圆柱形凸台的体积大于下板多圆台形孔的总体积，以保证下板多圆台孔可以得到充分填充，同时获得表面质量高的焊接接头。

6.根据权利要求1所述的用于长纤维增强热塑性复合材料与异种材料的点连接方法，其特征在于：所述下板材料可以为金属、陶瓷、热塑性聚合物、热固性聚合物或木质材料。

7.根据权利要求1所述的用于长纤维增强热塑性复合材料与异种材料的点连接方法，其特征在于：所述方法还可以用于短纤维增强热塑性复合材料、颗粒增强热塑性复合材料、热塑性聚合物材料与异种材料的连接。

用于长纤维增强热塑性复合材料与异种材料的点连接方法

技术领域

[0001] 本发明属于热塑性复合材料与异种材料的点连接技术领域，尤其涉及一种用于长纤维增强热塑性复合材料与异种材料的点连接方法。

背景技术

[0002] 金属、陶瓷、热固性聚合物及木质材料是制造领域应用较多的材料，热塑性聚合物具有比强度高、尺寸稳定好以及抗疲劳性好等特点，同样已经广泛的应用于制造领域。因此，热塑性复合材料与其它材料的连接结构难以避免。由于复合材料与金属、陶瓷等材料的热物理性能有较大差异，所以两者的连接具有较大的难度。目前，对于长纤维增强热塑性复合材料与异种材料的连接方式有胶接与机械连接。

[0003] 中国发明专利(公开号为:CN 106515023 A，公开日:2017年3月22日)发明了一种在金属板上开通孔，将预浸料塞入预制孔，最后在成型模具中进行固化成型，但此方法中固化工艺复杂且需要较长时间。

[0004] 中国发明专利(公开号为:CN108547836A，公开日:2018年9月18日)发明了一种结构胶与紧固连接复合的方式对碳纤维复合材料与异种材料的连接，但此方法中预制孔会严重破坏复合材料中的碳纤维结构，同时复合材料会发生分层破坏和基体开裂等问题。

[0005] 中国发明专利(公开号为:CN108547836A，公开日:2018年9月18日)发明了一种基于热熔原理的异种材料间无铆钉铆接装置。此方法采用热熔钻头使得复合材料熔化且通过下板的预制孔，在下板背部采用光柱顶锻形成无铆钉连接。此方法可以降低结构重量，生产效率高，但是接头中会存在孔，有效连接面积较小，不能承受较大的力，同时较高的温度会对基体材料产生较大的影响。

[0006] 上述方法虽然可以进行长纤维增强热塑性复合材料与异种材料的连接，但是胶接中需要复杂的表面处理以及较长的固化时间;机械连接中的预制孔工艺会破坏复合材料内长纤维结构，减少连接区域面积，同时增加应力集中区域。因此，亟需一种用于长纤维增强热塑性复合材料与异种材料的连接方法以解决上述问题。

发明内容

[0007] 针对现有技术存在的不足，本发明提供一种用于长纤维增强热塑性复合材料与异种材料的点连接方法，具有在连接过程中不破坏长纤维增强热塑性复合材料的碳纤维结构的优点。

[0008] 一种用于长纤维增强热塑性复合材料与异种材料的点连接方法，具体包括以下步骤：

[0009] 步骤一:在长纤维增强热塑性复合材料表面预制有圆柱形凸台，将与长纤维增强热塑性复合材料连接的异种材料上表面开设内壁带有螺纹的圆台形孔;

[0010] 步骤二:将待连接零件置于工作台上，长纤维增强热塑性复合材料作为上板，与长纤维增强热塑性复合材料连接的异种材料作为下板，使用夹具进行固定并在下板底面放置

超声变幅杆，此时保持无针搅拌头与上板中圆柱形凸台的上表面接触；

[0011] 步骤三：驱动外部辅助静止轴肩向下移动，直至与上板接触；

[0012] 步骤四：启动超声系统对待连接材料预热5s至30min，超声振动功率为60～2000W，振幅为15～55μm；

[0013] 步骤五：预热结束后驱动无针搅拌头以50～8000rpm的速度转动，并以0.1～10mm/min的速度下扎，下扎量不大于圆柱形凸台高度，达到下扎量后只保持旋转运动并停留1～120s进行焊接；

[0014] 步骤六：焊接结束后，将无针搅拌头及外部辅助静止轴肩上移，关闭超声系统，待试件冷却至室温后取下。

[0015] 所述无针搅拌头直径大于凸台直径1～50mm，圆柱形凸台的高度为0.5～20mm。

[0016] 所述步骤一中的圆台形孔的上底直径为无针搅拌头直径的5～70％，圆台形孔下底直径为无针搅拌头直径的5～80％，圆台形孔上底面积小于下底面积，以便于增加接头的抗弯曲能力。

[0017] 所述圆台形孔均匀分布于点焊区，以提高接头的抗扭转能力，具体数量根据需要进行设计。

[0018] 所述预制圆柱形凸台的体积大于下板多圆台形孔的总体积，以保证下板多圆台孔可以得到充分填充，同时获得表面质量高的焊接接头。

[0019] 所述下板材料可以为金属、陶瓷、热塑性聚合物、热固性聚合物或木质材料。

[0020] 所述方法还可以用于短纤维增强热塑性复合材料、颗粒增强热塑性复合材料、热塑性聚合物材料与异种材料的连接。

[0021] 本发明的有益效果是：

[0022] 1、本发明通过搅拌摩擦的方式为接头提供热量，无针搅拌头和外部辅助静止轴肩的顶锻作用可以提高材料沿厚度方向的流动，有利于材料填充圆台形孔，同时超声辅助方式可以增加界面处的温度且促进材料流动，有效避免下板圆台形孔填充不完全；

[0023] 2、本发明在上板设置预制圆柱形凸台，采用无针搅拌头进行焊接，可实现无减薄连接；

[0024] 3、本发明中外部辅助静止轴肩首先作用在上板，采用超声进行预热，解决上板复合材料导热性较差问题；

[0025] 4、本发明中静止轴肩预先顶锻在上板，可以有效避免凸台处材料沿着材料上表面方向的流动，进一步保证凸台处材料可有效填充下板的圆台形孔；

[0026] 5、本发明在连接长纤维增强复合材料过程中，由于无针搅拌头下扎深度不大于预制的圆柱形凸台高度，因此不会对上板中的长纤维造成破坏；

[0027] 6、本发明中圆台形孔的数量与尺寸可根据连接区域的面积进行设计，保证接头的抗扭转能力；圆柱形凸台呈现上窄下宽的形貌，可以提高接头的抗剥离能力；此外，圆台形孔内表面增加螺纹可以提高连接区域的机械互锁效果。

附图说明

[0028] 图1为本发明焊前连接示意图；

[0029] 图2为本发明中焊前装配后待连接材料的俯视图；

[0030] 图3为图2的A-A向视图；

[0031] 其中，

[0032] 1无针搅拌头，2外部辅助静止轴肩，3上板，4下板，5超声变幅杆，6圆台形孔，7螺纹。

具体实施方式

[0033] 为了更好的解释本发明，以便于理解，下面结合附图，通过具体实施方式，对本发明的技术方案和效果作详细描述。

[0034] 实施例1

[0035] 如图1-3所示，本实施例中采用本发明连接玻璃纤维增强PEI复合材料和2024铝合金，玻璃纤维增强PEI复合材料表面凸台高度为3mm、半径为15mm；无针搅拌头1直径大于复合材料表面圆柱形凸台直径2mm；2024铝合金表面开设的圆台形孔6的上底与下底半径分别为3mm与5mm，焊接中采用的外部辅助静止轴肩2、无针搅拌头1以及超声振幅杆5由不同系统分别驱动，连接的具体步骤如下：

[0036] 步骤一：在玻璃纤维增强PEI复合材料表面预制有圆柱形凸台，将2024铝合金上表面开设内壁带有螺纹7的圆台形孔6；

[0037] 步骤二：将待连接零件放于工作台上，玻璃纤维增强PEI复合材料作为上板3，2024铝合金作为下板4，使用夹具进行固定并在下板4底面放置超声变幅杆5，此时保持无针搅拌头1与上板3中圆柱形凸台的上表面接触；

[0038] 步骤三：驱动外部辅助静止轴肩2向下移动，直至与上板3接触；

[0039] 步骤四：启动超声系统对待连接材料预热5s至30min，超声振动功率为60～2000W，振幅为15～55μm；本实施例中对待连接材料预热5s，超声振动功率为2000W，振幅为15μm；

[0040] 步骤五：预热结束后驱动无针搅拌头1以50～8000rpm的速度转动，并以0.1～10mm/min的速度下扎，下扎量为2.8mm，达到下扎量后只保持旋转运动并停留1～120s；本实施例中，无针搅拌头1的转动速度为800rpm、下扎速度为1mm/min，达到下扎量后停留1s；

[0041] 步骤六：焊接结束后，将无针搅拌头1及外部辅助静止轴肩2上移，关闭超声系统，待试件冷却至室温后取下。

[0042] 实施例2

[0043] 本实施例中采用本发明连接玻璃纤维增强PEI复合材料和钛合金，玻璃纤维增强PEI复合材料表面圆柱形凸台高度为5mm、半径为18mm；无针搅拌头1直径大于复合材料表面凸台直径2mm；2024铝合金表面开设的圆台形孔6的上底与下底半径分别为3mm与5mm，焊接中采用的外部辅助静止轴肩2、无针搅拌头1以及超声振幅杆5由不同系统分别驱动，连接的具体步骤如下：

[0044] 步骤一：在玻璃纤维增强PEI复合材料表面预制有圆柱形凸台，将2024铝合金上表面开设内壁带有螺纹7的圆台形孔6；

[0045] 步骤二：将待连接零件放于工作台上，玻璃纤维增强PEI复合材料作为上板3，2024铝合金作为下板4，使用夹具进行固定并在下板4底面放置超声变幅杆5，此时保持无针搅拌头11与上板3中圆柱形凸台的上表面接触；

[0046] 步骤三：驱动外部辅助静止轴肩2向下移动，直至与上板3接触；

[0047] 步骤四:启动超声系统对待连接材料预热5s至30min,超声振动功率为60～2000W,振幅为15～55μm;本实施例中对待连接材料预热30min,超声振动功率为100W,振幅为55μm;

[0048] 步骤五:预热结束后驱动无针搅拌头1以50～8000rpm的速度转动,并以0.1～10mm/min的速度下扎,下扎量为4.5mm,达到下扎量后只保持旋转运动并停留1～120s;本实施例中,无针搅拌头1的转动速度为2000rpm、下扎速度为10mm/min,达到下扎量后停留120s;

[0049] 步骤六:焊接结束后,将无针搅拌头1及外部辅助静止轴肩2上移,关闭超声系统,待试件冷却至室温后取下。

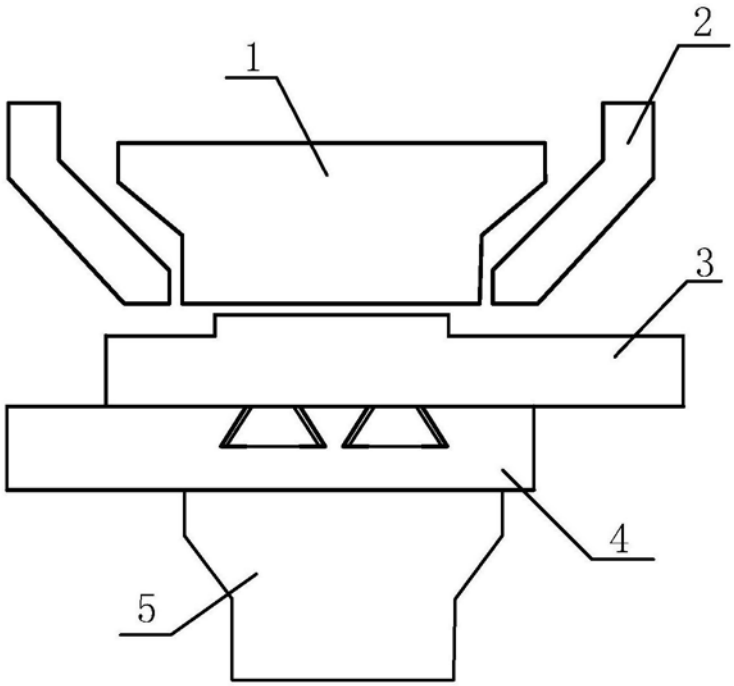


图1

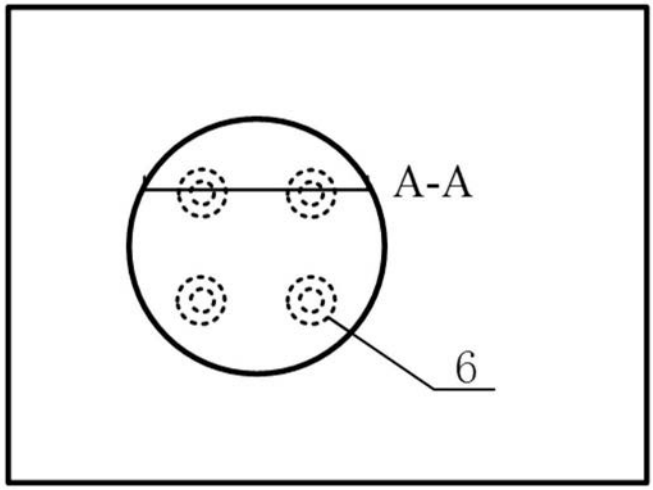


图2

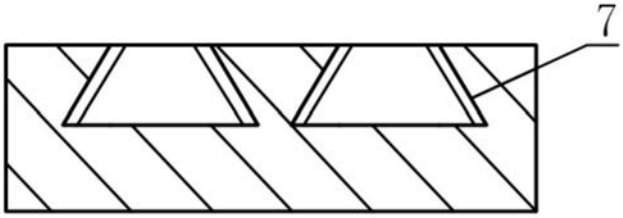


图3