

碳纤维复合材料手工钻孔加工质量工艺改进

■ 湖北三江航天红阳机电有限公司 (孝感 432100) 阎 杰

摘要: 针对手工钻孔加工碳纤维复合材料在接近钻出时进给量不易控制的问题,使孔出口撕裂缺陷更严重,对手工钻孔加工进行工艺方法改进,通过采用在钻头上固定定位套和硅橡胶垫相结合的方法,利用弹性材料的弹性反力来减少钻出时的进给力,控制手动加工时钻头伸出长度和接近钻通时减少进给量,可改善碳纤维复合材料手工钻孔加工质量。

1. 问题提出

碳纤维复合材料是以碳纤维为增强材料、以树脂为基体在一定条件下固化成的一种复合材料,具有比强度、比刚度高,质量轻、耐高温等特点,广泛应用于航空、航天业及其他行业。形状复杂的碳纤维复合材料制件成型后,需要进行大量的机械加工,特别是需要钻孔加工后满足与其他结构的联接。

由于碳纤维复合材料具有硬度高、强度大、导热性差、各向异性及层间强度低等特性,属于难加工材料,在碳纤维复合材

料上进行孔加工时,极易出现孔表面质量差、分层及撕裂等缺陷,现在对在碳纤维复合材料上的钻孔技术已经有一些有益的经验 and 结论,但大多都适用于使用机械设备进行钻孔的工艺方法,由于制件的外形结构特征等,使得很多孔无法使用数控设备或钻床加工,如大型碳纤维复合材料壳体 and 需要协调结构特征确定孔位的零件,必须由钳工手工钻孔加工,但是在手工钻孔时,加工状态非常不稳定,存在许多的不确定因素和人为影响,造成手工钻孔质量不稳定,制件的孔壁周

围材料缺陷比设备加工时严重,特别是孔出口撕裂更严重。大型碳纤维复合材料零件制造成本极高,通常孔的加工数量又较多,钻孔时的任何质量问题都会形成产品的缺陷,直接影响到零件的装配质量,严重时导致零件报废,造成巨大损失。

2. 碳纤维复合材料手工钻孔技术难点分析

由于碳纤维铺层各角度产生各向异性,层间强度低,同时碳纤维复合材料硬度高、性能脆、强度高及导热能力差,导致钻孔时钻头磨损严重,产生的切削转

3. 结语

两端带沉孔的车削加工工艺总结:①图2所示工装的加工是以中心孔为基准,保证了工装的外圆与中心孔的同心率。②一端面的沉孔加工以已加工好的中心孔为基准,这样保证了沉孔与中心孔的位置关系。③图2所示工装与

已加工好的沉孔稍过盈配合,保证了已加工好的沉孔与工装中心孔的同心率;再以工装中心孔为基准,加工另一端面的沉孔,这样加工出的零件就符合了图样要求,保证了两沉孔的同心率,减少了废品的产生。

参考文献:

- [1] 梁德本,叶玉驹.机械制图手册[M].2版.北京:机械工业出版社,1997.
- [2] 孟少农.机械加工工艺手册[M].北京:机械工业出版社,1991.

MW (收稿日期:20161223)

矩和切削热大, 零件材料在切削力的作用下易发生孔壁周围材料分层、孔出口撕裂等现象。分析碳纤维复合材料的特性, 孔壁周围材料分层主要是钻孔过程轴向力作用引起的, 轴向力越大, 缺陷越严重, 而轴向力的大小又受钻孔过程中的进给量、钻削速度、钻头直径及切削刃几何参数等因素相关。在钻头直径、切削刃几何参数一定的情况下, 钻头钻速和进给速度将是影响轴向力大小的主要因素, 轴向力随着转速的增大而减小, 随着进给量的增加而增大, 而且进给量的影响远大于转速的影响, 所以进给量是控制轴向力的一个关键因素。孔出口撕裂多发生在孔出口的一侧最表面层, 在钻孔加工中最常见的缺陷是由于钻孔接近钻出时, 轴向力的下降速率小于材料强度的下降速率, 造成切削材料未进入切削层即造成破坏, 产生撕裂, 所以在钻孔接近钻出时需要减小进给量, 这样使钻削力小于缺陷产生的临界切削力, 减少孔出口撕裂现象, 同时由于钻刃锋利度不够, 复合材料纤维不是被完全切断就已钻通, 造成孔出口撕裂、毛边。因此, 碳纤维复合材料孔加工, 特别是接近钻通时, 应选择较小的进给量。

在碳纤维复合材料制件手工钻孔时, 手持风钻、钻头加工状态非常不稳定, 钻头的中心位置、垂直度等会发生误差和变化, 操作者的工作经验直接影响孔的加工质量, 手工钻孔过程中进给量不易控制, 这是造成手工钻孔质量不稳定的主要因素, 特别是孔接近钻出时由于被切削材

料突然减少, 瞬间材料本身的切削反力突然大幅度减少, 造成进给量会突然加大, 出现钻头冲击性钻透现象, 导致孔出口撕裂更严重。

为解决碳纤维复合材料手工钻孔加工中的难点, 提高手工钻孔加工的稳定性, 控制手工钻孔的进给量, 需要通过必要的技术改进, 改善碳纤维复合材料手工钻孔加工质量。

3. 常用的解决方法

针对碳纤维复合材料手工钻孔的特性, 常用的解决方法有:

(1) 刀具材料、钻头几何参数的选择, 通常是使用硬质合金钻头和金刚石涂层硬质合金钻头, 以提高钻头寿命, 保持钻头锋利度, 降低钻孔时轴向力。

(2) 钻头钻速、进给速度的选择, 应选择钻速较高、稳定性较好的工具, 较小的进给速度, 降低钻孔时轴向力。

(3) 采用构件加强支撑工艺方法, 可改善钻出条件, 增加钻孔过程中的稳定性。

但是在加工中经常会遇到由于制件的特殊结构, 比如加工部位狭小、异形, 大型零件、孔加工数量大, 使得孔出口不易或无法采用构件加强支撑方法, 就需要另外采取改进措施, 控制手工钻孔接近钻出时的进给量, 提高稳定性。

4. 加工工艺改进

针对碳纤维复合材料零件手工钻孔接近钻出时进给量不易控制的问题, 想到可以利用弹性材料的弹性反力来减少钻出时的进给力, 经过反复试验, 对手工钻

孔加工进行工艺改进, 通过采用在钻头上固定定位套和硅橡胶垫相结合的方法, 控制手动加工时钻头伸出长度和接近钻通时减少进给量, 改善碳纤维复合材料手工钻孔加工质量, 避免在钻通时钻头的冲击性钻透现象, 提高了手工钻孔时的安全性。图1所示为加工改进示意图。

1号件为定位套, 通过螺钉将定位套与钻头联接固定, 起到调节定位钻头伸出长度的作用。2号件为弹性硅橡胶垫, 乳白色混炼胶材料。固定定位套和弹性硅橡胶垫相结合使用, 通过调节定位套的位置, 在钻尖接近钻出时弹性垫与零件表面接触, 钻尖即将钻通材料, 然后利用弹性垫在手动力下压缩产生的弹性反力减少进给力, 从而逐渐减少进给量, 随着在弹性反力逐渐加大时钻头钻通材料, 从而有效控制钻头钻出时的进给量, 避免被切削材料突然减少, 进给量突然加大的现象, 减少孔出口撕裂缺陷, 同时橡胶垫材料能够避免手工钻孔时夹头部分接触材料表面而使材料表面损伤。

(1) 弹性垫材料的选择。要求弹性垫材料有较好的撕裂强度、耐磨性, 硬度、弹性适中。

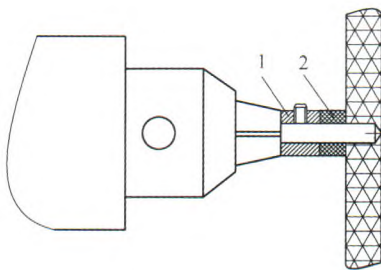


图1 加工改进示意图
1.定位套 2.硅橡胶垫

经过试验比较,选用硅橡胶材料比较合适。

硅橡胶混炼胶是特殊的有机硅生胶和高纯度的二氧化硅为主要成分的混炼胶,其物理和化学特性优于多种有机弹性体,具有在广泛的温度范围内保持稳定、低压缩永久变形性,较高的使用寿命,是制造密封、减振应用的理想材料。

(2) 弹性垫厚度的确定。弹性垫厚度决定了弹性垫的压缩量的大小,受压弹性量决定了手动钻孔时减少手动进给力的大小。

弹性垫材料的厚度选择取决于手工钻孔加工碳纤维材料复合材料时轴向力、加工孔径和弹性垫直径的大小。碳纤维复合材料钻孔加工较适合的轴向力需要控制在30~50N的范围,孔分层、撕裂等缺陷较少。加工不同直径孔选择硅橡胶垫的厚度不一样,孔径越大,则轴向力、钻尖高度越大,弹性垫的压缩量也需要加大,要选择厚度较大的弹性垫。当加工孔径一定时,弹性垫直径越大,由于接触面积加大,弹性垫的压缩量会减小,弹性垫的厚度也应加大。

以手工钻孔使用风钻转速为3 000r/min时,在50N轴向力下,加工孔径为3mm,定位套、弹性垫直径为8mm时为例,选择弹性垫的厚度。图2所示为测量得出的不同厚度的直径为8mm硅橡胶板,在50N轴向力下的平均压缩变形量曲线。

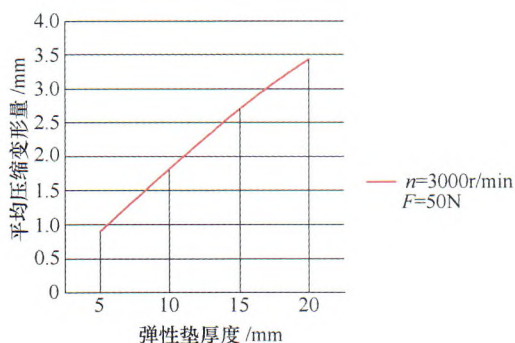


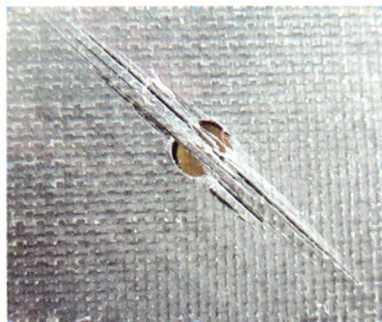
图 2

孔径为3mm,钻头顶角为90°,则钻尖深度为1.5mm,由平均压缩变形量曲线图所示,厚度8mm的硅橡胶垫在50N轴向力下 ϕ 8mm定位套压缩后变形约1.5mm,所以选取厚度为8mm的弹性垫。

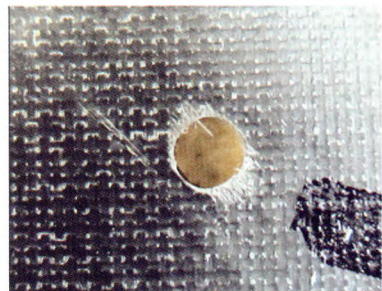
在手工钻孔加工开始时控制轴向力,当弹性垫与材料表面接触时,钻尖即将钻通材料后表面,瞬间材料本身的钻削反力会突然大幅度减少,这时弹性垫的弹性反力会有效地降低手动进给力,当钻头整个即将钻通时,钻头进给了1.5mm,弹性垫被压缩了1.5mm,弹性垫产生的弹性反力与手动进给力接近平衡,可有效地避免在钻通时钻头的冲击性钻透现象,从而改善手动加工碳纤维材料复合材料的孔加工质量。手工钻孔加工工艺改进前后孔出口状态对比如图3所示。

从手工钻孔加工工艺改进前后孔出口状态对比图可以看出,手

工钻孔工艺改进前孔出口的撕裂缺陷严重,撕裂长度为孔径的5倍,改进后孔出口仅有轻微的毛边,孔加工质量得到较大的改善。



(a) 改进前



(b) 改进后

图3 手工钻孔加工工艺改进前后孔出口状态对比

5. 结语

针对碳纤维材料复合材料手工钻孔加工质量缺陷,通过对钻孔加工工艺方案改进,提高了手工钻孔时的稳定性,控制进给量使轴向力在合理的范围,减少了孔加工缺陷,且避免在钻通时钻头的冲击性钻透现象,提高了手工钻孔时的安全性。改进方案简便可行,适合复合材料类零件的手工钻孔加工,可以改善碳纤维复合材料手工钻孔加工质量。

参考文献:

- [1] 张厚江.碳纤维材料复合材料高质量孔的加工[J].航空制造技术, 2004 (3): 55-57.

MW (收稿日期: 20170105)