



提升手动风钻复合材料孔加工品质

——全新的钻尖设计应对来自手动刀具的挑战

Improved Portable Hole-Making in Composites

山特维克可乐满

在航空工业内,使用手动风钻进行钻削约占复合材料孔加工应用的 1/3,该应用领域的持续改进带来了非常丰厚的回报。在努力获得更好的加工结果、性能和经济性的同时,切削刀具在此类切削性状多变的应用中扮演着愈来愈关键的角色。非标钻头随着时间推移而不断发展,最近的创新带来了使用标准刀具系列的可能性。非标钻头的不断发展和最近的技术创新使得新的标准刀具方案的推出成为可能。

在飞机零件与结构件中,涉及到钻削复合材料与叠层材料的应用主要为大量的螺栓孔和铆钉孔的加工。由操作员直接手动操作意味着这些工序面临着一定挑战。采用手动风钻进行加工倾向于不稳定工况,工艺稳定性很难保证。这样所使用设备与刀具的性能以及操作员的工作经验都将直接影响到孔质量与生产效率。

如果采用普通手动刀具进行孔加工易受钻头抓取效应的困扰,同时还需要的推力来穿透孔,这样加工出来的孔的质量、效率和操作员疲劳程度都将受到负面影响。如果不解决此类问题,孔出口可能出现不可接受的毛刺、孔出端分层以及难以切

断的纤维等缺陷。普通钻头在切削复合材料时,切削作用差和进给变化大,这就要求操作员通过适当的操作来平衡由普通钻头带来的不利影响,结果就更可能生产出废品。

在航空工业中,最常见的复合材料是碳纤维增强塑料(CFRP),其孔质量通常根据一些极限定义,往往涉及以下方面:尺寸和椭圆度公差、表面粗糙度和毛刺形成、直线度和中心线垂直度、桶形和喇叭口。当叠有铝合金或钛合金时,经过切削刀具有效排屑显得尤为重要,因为金属切屑会损坏复材孔表面。其挑战是既要获得满意的质量一致性,又要确保操纵员安全,但最为重要的是制造成本要

具有竞争力。

碳纤维增强塑料材料的厚度相对较小,不论机织或单向带结构中往往都是浅孔加工。典型工艺要求包括表面粗糙度在 $R_a 4.8\mu\text{m}$ 之内,加工孔径周边分层不超过 1mm,并且无破裂。对于叠板材料来说,通常对表面粗糙度的要求是复材层小于 $R_a 3.2\mu\text{m}$,金属层 $R_a 1.6\mu\text{m}$ 。孔公差范围在 $\pm (0.02\sim 0.04)\text{mm}$,并且碳纤维增强塑料(CFRP)部分不允许金属切屑熔蚀痕迹。当孔径公差小于 $\pm 0.025\text{mm}$ 时,通常需要进行铰削。

切削刀具的广泛影响

当没有应用 CNC 机床或定进给

设备时,操作员需要依靠他们的技巧和手工工具的性能来保证孔质量在限定范围之内,并完成每天所要求钻削的孔数。在这些应用中,手工工具的应用成功与否取决于切削刀具效能发挥的程度。切削作用、切削力大小和方向、可能的切削参数以及可获得的刀具寿命都是切削刀具要考量的因素,它们对孔质量和制造过程的经济性起着决定作用。

在这些工序的制造经济性方面,影响制造竞争力的因素有许多,其中包括:钻孔所花费的时间、质量一致性、是否需要1道或2道工序、钻削与铰削以及刀具成本和重磨选项。

切削刀具最近的发展

山特维克可乐满与 Precorp 通力合作,开发出一系列新的标准钻头、铰刀和铤钻,以求高效地加工航空工业内最常见的螺栓孔和铆钉孔。秉承业内长期积累的经验,这些刀具专为复合材料解决方案而开发。借鉴订制刀具成功经验,以及现有孔加工、修边加工和表面加工标准刀具产品系列的发展,共同促成了新的 CoroDrill 452 系列。

新钻头的切削作用直接决定了如何清除已切断的纤维及孔中随之出现的任何残余纤维。剪切作用也可进行优化以避免出现破碎。钻头钻透孔时的推力决定了分层缺陷的发生几率。新钻头所产生的钻削力减小了,从而将分层缺陷降到最小。

工序的内在不稳定性决定了手



CoroDrill 452埋头刀具

动风钻的钻头需要更高的韧性。为此,硬质合金钻头是最佳解决方案。为了延长刀具寿命,用于碳纤维增强塑料的钻头通常镀有涂层,或辅以烧结金刚石(PCD)。但是,在手动风钻钻削领域,韧性和耐磨性之间的平衡不同于刀具寿命和重磨间的关系。在相对较短的刀具寿命和无涂层处理的重磨后,高强度钻头容易发生改变。这是针对此类应用的制造经济学公式的一部分,其中刀具成本、切削参数、刀具夹持和刀具寿命都是变量。对于手动孔加工应用,适用于此领域的不同值就其本身而论是新型标准切削刀具系列的基础。

产品系列

CoroDrill 452 标准钻头专为碳纤维增强塑料和碳纤维增强塑料金属叠层孔加工的手动风钻应用而设计。对于 CoroDrill 452-C 系列产品(用于 CFRP),是已经证明的具有诸多优点的结合体。获得专利的设计组合——左旋螺旋槽与右手型钻头促进了平稳的切削作用,并且最小化或完全消除了抓取效应。长而锋利的切削刃倒锥为所有纤维干净整齐的切削提供了相对较大的剪切角。独特的排屑槽与钻尖结构不仅可提供极佳的孔圆度,同时将钻削轴向力最小化。切削时仅需很低的进给力,对复材的孔出端损伤做到最小。

对于金属叠层型 CoroDrill 452-CM,除低切削力的优点之外,还可以为选择钻头是否集成预钻部分。此举是为了降低材料间加工特性不同所产生的差异,并提供更高的孔精度和粗糙度。在不同的材料叠层之间其孔尺寸的差异极小,并消除了孔出口毛刺。金属叠板钻头有双刃带设计可确保加工过程的稳定性,由此刀具的性能和产品质量都有进一步的提升。自定心钻尖设计使得钻削整个复材金属叠板材料更为顺畅,很容易保障孔精度。



复合材料的便捷式孔加工

铰削和扩孔钻削

精加工一些孔时可能需要用铰刀进行二次走刀。当要求极紧密公差和高表面质量时, CoroDrill 452.R 铰刀(C或CM型,分别用于碳纤维增强塑料或叠板材料)应用导向套可以获得公差0.02mm之内的孔。这些高韧性的非涂层硬质合金铰刀有一个阶梯导柱(导柱尺寸与 CoroDrill 452 系列钻头钻削的导向孔相匹配),并可有效地降低轴向切削力,以确保高表面粗糙度,在金属层孔出口处毛刺和复材层孔出端分层最小化。

使用手动刀具进行铤孔时,铤钻不需再承受长的钻头和铰刀工作时所承受的应力及弯曲强度。这意味着能够安全地集成更脆的 PCD 作为加工碳纤维增强塑料的切削刃,由此带来非常长的刀具寿命和可重磨的可能性。硬质合金导柱经久耐用,再配合铤窝限位器能够确保 100° 与 130° 倒角的精度以及正确的深度。

结束语

对使用手动刀具的操作员而言,建立复合材料孔加工标准切削刀具系列需要适当的折衷。航空航天领域的挑战与需求就是安全地混合最耐磨的刀具材料。相反,硬质合金的强度用于提供安全性和有利的刀具成本。要优化此领域,刀具槽形的发展在获得满意的质量水平、刀具性能和生产效率方面起到至关重要的作用。

(责编 良辰)