

铝合金高精度深孔镗削加工工艺

南车株洲电力机车有限公司 (湖南 412001) 彭 博

铝合金因质量轻、比强度高已成为理想的结构材料,广泛应用于机械制造、铁道车辆、动力机械及航空工业等领域。但是铝合金熔点较低,温度升高后塑性增大,在高温高压作用下,切削界面摩擦力很大,切屑易熔结在刀刃上而粘刀,不易获得较高的尺寸精度和低的表面粗糙度值。同时,深孔加工是机械行业中难度较高的一项加工技术,铝合金高精度深孔镗削的主要技术难点包括:如何获得平稳的切削过程、良好的切屑形成、较高的加工效率、低表面粗糙度值和较高的尺寸精度等。

1. 零件分析及加工工序

如图1所示,纵梁上有8个孔为 $\phi 30H7$,表面粗糙度值 $R_a=1.6\mu m$,深度达150 mm,深径比达5:1,属于典型的深孔加工。在镗孔过程中由于刀具振动、粘刀、切屑堵塞、缠绕以及冷却不到位等问题,经常造成镗孔困难而导致加工精度无法得到保证。

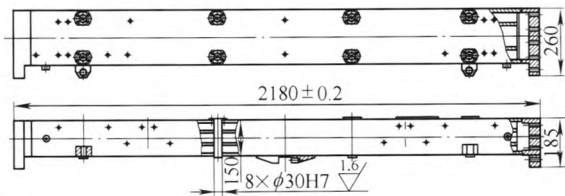


图1 纵梁结构示意图

通过多次反复验证, $\phi 30H7$ 深孔采用下列加工方式完成加工:先预钻底孔 $\phi 29.2\text{ mm}$,然后采用特殊的减振镗刀分层镗削。加工时选择适当的镗刀、装夹方式、切削参数、冷却方式及切削液来保证深孔镗削加工。

2. 切削加工工艺

(1) 刀具选择:①刀片材料的选择。高速切削

加工铝合金时,可供选择的刀具材料有硬质合金、陶瓷、金属陶瓷和聚晶金刚石等。其中硬质合金材料是最具性价比的材料,在此实际加工中选用无涂层的硬质合金刀片。这是因为无涂层的刀具比涂层刀具锋利,可以有效降低切削抗力,比涂层刀具更适合铝合金的加工。②镗刀片的选择。精镗的刀片应该具有正的前倾角、锋利的切削刃和小的刀尖半径,以便使径向切削力最小化。刀片的刀尖半径是镗削工序中的一个关键因素。刀尖半径的选择取决于切深和进给,并影响表面质量、断屑和刀片强度。在小切深时,切削合力为径向力,对刀片产生向内的推力并试图将刀片推离内孔表面。在切深增加时,切削合力变为轴向力。一般经验是,在以小切深精加工时,避免切深小于刀尖半径的1/3。刀尖半径与进给率共同对加工的表面质量有直接影响。在这种加工场合下选用小刀尖半径为0.4 mm,以便能使用较小切深,减小切削径向抗力,最终减少振动。但是小刀尖半径的刀片在加工中破裂的风险增加,由于工件材料为铝合金,硬度比钢件低,因此选用小刀尖半径也能保证较高的使用寿命。③镗刀杆的选择。在此加工场合下,我们不得不使用长悬伸的刀具,悬伸必须达到150 mm,且刀杆的直径不能大于30 mm。长径比大于5:1,此时镗刀在加工中很容易产生振动。通常情况下只能通过减小切削参数,降低加工效率,以实现安全稳定的加工。通过对比各种刀杆,最终使用 Silent Tools® 减振刀杆,如图2所示,其内置的特殊阻尼减振机构可以将切削振动控制到最小,同时从图3可以看出,镗刀的主偏角达到 92° 。切削力主要朝向轴向方向,可以



图2 减振镗刀

在最大程度上降低切削加工时的径向力和振动，从而即使在大幅提高切削参数的情况下，仍然能实现安全、稳定及高效的加工。

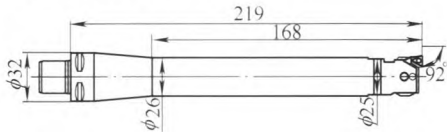


图3 减振镗刀尺寸

(2) 切削参数：铝合金深孔镗削时，排屑和刀具振动是影响切削参数选择的重要因素。由于孔的尺寸精度要求比较高，精加工的余量设置为 0.8 mm 左右，分两次进行镗削。采用减振刀杆，以及 92°主偏角和小刀尖圆角半径的硬质合金刀片，通过多次试验得出附表所示最佳的切削参数。

最佳切削参数表

刀具	刀具材料	镗削速度/ ($m \cdot min^{-1}$)	切削深度/mm
减振镗刀	硬质合金	140	0.2
进给量/ ($mm \cdot r^{-1}$)	孔径/mm	表面粗糙度值 $R_a/\mu m$	
0.08	30.01	1.6	

(3) 冷却方式及切削液选择：①在刀具和工件之间进行润滑、冷却、清洗、防锈和排屑是切削液的主要功能，高精度深孔加工选择合适的冷却方式和切削液显得尤为重要。由于是深孔加工，普通的外部冷却方式无法达到切削区域，不能满足加工的需要。在选择刀具和刀柄时，选用了带有内冷却供应的刀具，有喷嘴将切削液送往切削区域，这样可以有效地进行润滑和冷却，从而对高精深孔镗削提供了有力的保障。②通常在铝合金的高速加工中，主要的切削热量由切屑带走，但是切屑易熔结在刀刃上而粘刀，所以在切削液的选择上主要考虑其润滑性和在加工表面的黏附强度，同时铝型材的加工如采用乳剂或油类切削液，在加工完后会残留切削液在工件型腔里而无法去除，因此在铝合金型材加工中选用了油雾冷却的方式，在这里我们选用了美国 ITW 集团 ACCU - LUBE（阿库路巴）LB - 6000 微量油气润滑，微量的润滑油在刀具工作点形成薄薄的油膜，油膜具有很高的表面黏附强度，润滑油的高润滑性使刀片在工作过程中减少摩擦，降低切削应力，有效降低加工热量的产生。这使无论刀具还是工件都保持室温或者较低的温度，同时也避免了

高热膨胀系数的铝合金工件由于过热产生的尺寸变化。

(4) 高精镗削加工方法：铝合金小径深孔镗削工艺除了选用合适的刀具材料、采用减振刀杆、小的刀尖圆角半径，采用合适的切削参数、充分的冷却润滑以及有效的切屑排出控制外，我们还总结出一套行之有效的高精镗削加工方法，即在精镗高精度深孔时，必须考虑刀具的径向偏斜（让刀）和刀具旋转中心与机床主轴旋转中心之间的不对准。实际表明，这可以通过以下方法来完成。如图 4 所示，将切深分为两等分，使得两次的切削力基本相等，进行一次测量前的切削，然后在刀具仍然在机床主轴中时调整直径，再进行最终的镗削加工。主要步骤为①首先把镗刀直径调整为 29.6 mm ($29.2\text{ mm} + 0.4\text{ mm}$)，切深为 A_1 ，进行第一次测量前的镗削。②朝刀尖反方向移动 0.5 mm 后抬起主轴。③测量镗削后的直径。④计算设置直径 (29.6 mm) 与该测量孔直径的差值 (ΔD_1)，计算新的切深为 $A_2 = 0.4 + \Delta D_1 + \text{孔公差}/2$ (H7/2)。⑤将刀具直径增大 (A_2) 后进行第二次最终镗削。

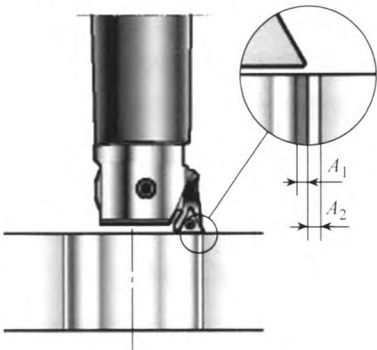


图4 精镗示意图

3. 结语

为了解决铝合金纵梁高精度深孔加工的工艺难点，获得良好的加工质量，可以从以下几方面考虑：

(1) 刀具的选择。通过实际切削表明，选择 SANDVIK 的 CoroBore825 系列减振镗刀杆，选用 0.4 mm 刀尖圆角的 TCGX - AL 铝合金专用精镗刀片能有效减少切削过程中的振动。

(2) 切削参数的选择。通过对比，选择 140 m/min 的切削速度、0.2 mm 的吃刀量、0.08 mm/r 进给量能满足加工要求。

(3) 采取内冷却方式和 ACCU - LUBE（阿库路

自动切削液在普通钻床和攻丝机上的设计和应用

四川九洲电器集团有限责任公司 (绵阳 621000) 王 鹏 游洪建

普通刀具在钻床和攻丝机批量加工过程中,对于不锈钢和其他脆硬材料,加工钻头直径小于5 mm,丝锥小于 M5 的孔和螺纹,刀具寿命往往不长,需要频繁更换刀具,主要表现为退火、折断以及切削刃磨损严重。

刀具寿命直接影响生产效率。经过分析,造成刀具寿命不长的原因很多,诸如进给量、刀具材料和刀具刃磨角度等。还有更重要的一点就是切削液,采用合适的切削液往往可以缓解其他因素的产生,延长刀具寿命。切削液的作用有3种:清洗、冷却和润滑,然而普通钻床和攻丝机只能通过手动对刀具进行清洗、冷却和润滑,生产效率不高。是否可以在钻床和攻丝机上设计自动切削液的浇注,一直是我们关心和讨论的问题。

1. 设计前常用方法及分析

常用方法有两种:①使用普通材料刀具钻削或攻螺纹时,在旁边放置小油桶和油刷,边加工边用油刷沾油对刀具进行清理、润滑和冷却(见图1)。

②采用合金刀具,无需切削液。

使用油刷的优点是清理、润滑时相对灵活,可
~~~~~  
巴) LB-6000 油雾切削液能实现较好的表面质量。

(4) 在刀具仍安装在机床上时和测量性切削后,进行精镗刀具直径的最终调整。

生产实际表明,通过以上方法,铝合金纵梁的 $\phi 30H7$ 、表面粗糙度值 $R_a = 1.6 \mu m$ 、深度为150 mm的孔全部加工合格,有效地保证了铝合金纵梁的加工质量,提高了加工效率。**MW**

(收稿日期:20140413)

根据实际情况进行处理,适合小批量或单件生产。缺点是生产效率不高且容易遗漏,造成浪费。对于M5以下的攻螺纹,没有加到润滑液的孔在攻螺纹时丝锥容易折断、堵塞,是传统的加工方式。



图 1

采用合金刀具的优点是硬度高、高温承受能力强、生产效率高,无需切削液。缺点是生产成本低,由于钣金零件中孔的尺寸大小繁多,需求量大,而且合金钻头脆性大,细长孔加工容易折断。如果是合金丝锥盲孔加工时丝锥折断,则断屑不易取出,零件报废风险提高。

## 2. 自动切削液设计方案和思路

方案(1):改进油刷对刀具上油。针对钻床和攻丝机的特点,我们找来了软管和油刷(见图2),用软管一端缠住油刷,另一端将其固定在铁块上,油刷沾上油,需要时把油刷移动到刀具上,润滑冷却完毕后离开。反复调试,效果都不太理想,切削液容易四处飞溅,还需不停地上油,不能实现自动化。

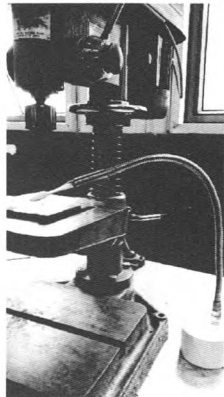


图 2