

铝合金材料的机械加工工艺研究

张涛 杨全理 张雄飞
西安应用光学研究所 陕西 西安 710065

摘要: 在铝合金材料加工过程中, 变形问题会影响到铝合金材料加工进度和表面粗糙度。为了提高铝合金零件的合格率, 需要进一步优化铝合金材料机械加工工艺, 明确铝合金材料加工特点, 提升铝合金零部件的精度, 促进我国铝合金加工业可持续发展。

关键词: 铝合金; 机械加工; 质量控制

1 铝合金材料的特点分析

1.1 轻量化

铝合金材料具有轻量化的特点, 相对于传统金属材料如钢、铁等, 其密度更小, 因此铝合金制品的重量更轻。这一特点在交通运输、航空航天等领域具有显著的优势, 可以有效地降低能耗, 提高运行效率。

1.2 高强度

尽管铝合金材料的密度较小, 但其强度和硬度却比钢、铁等金属材料更高。在承受相同载荷的情况下, 铝合金材料制品的截面面积可以更小, 从而有效降低制品的重量。同时, 铝合金材料还具有良好的抗疲劳性能, 适用于制造需要承受循环载荷的制品^[1]。

1.3 良好的塑性和韧性

铝合金材料具有良好的塑性和韧性, 易于进行塑性加工和冷变形加工。这使得铝合金材料可以被加工成各种不同形状和结构的制品, 满足不同领域的需求。同时, 铝合金材料制品在受到冲击时不会突然断裂, 而是会发生变形吸收冲击能量。

1.4 良好的耐腐蚀性

铝合金材料表面容易形成一层致密的氧化膜, 可以有效阻止进一步的氧化腐蚀。相比其他金属材料如钢、铁等, 铝合金材料具有更好的耐腐蚀性。在腐蚀环境下使用的铝合金制品, 其表面的氧化膜可以保护制品不受腐蚀损伤。

1.5 良好的导电性能

铝合金材料具有良好的导电性能, 其导电率仅次于铜。这一特点使得铝合金材料在电子工业中被广泛用作导电材料, 如制造印刷电路板和电子连接器等。此外, 铝合金材料还可以用于制造磁性材料和半导体器件等。

2 铝合金零件的加工工艺探讨

2.1 加工基准选择

铝合金零件的加工工艺是一个关键环节, 直接影响

到零件的精度、质量和寿命。而在铝合金零件的加工过程中, 加工基准的选择是其中一个重要的环节。首先, 加工基准的选择要遵循基准重合原则。在加工过程中, 尽可能选择与设计基准重合的表面作为加工基准, 这样可以减少误差, 提高加工精度。例如, 对于一些轴类零件, 可以选择主轴颈表面作为加工基准, 而对于一些盘类零件, 则可以选择外圆表面作为加工基准^[2]。其次, 加工基准的选择还要考虑到加工阶段的划分。一般来说, 铝合金零件的加工过程可以分为粗加工、半精加工和精加工三个阶段。在粗加工阶段, 主要是以切除多余材料为主, 选择稳固的表面作为加工基准可以避免工件发生震动和变形。在半精加工阶段, 主要是对工件进行粗精度加工, 选择与设计基准重合的表面作为加工基准可以减小误差。在精加工阶段, 主要是进行最后的加工和修整, 选择高质量的表面作为加工基准可以提高零件的精度和质量。最后, 加工基准的选择还要考虑到工件的定位和夹紧。在加工过程中, 工件需要被定位和夹紧以保持稳定。选择合适的加工基准可以使得定位和夹紧更为方便和稳定, 从而避免工件发生移动和变形。在选择加工基准时, 还要考虑到刀具的刚性和冷却液的使用情况等因素。

2.2 粗加工

铝合金零件的加工工艺是一个综合性的过程, 包括多个环节和步骤。其中, 粗加工是铝合金零件加工的重要环节之一, 它的目的是切除多余的材料, 为后续的加工打下基础。(1) 选择合适的加工设备和工具: 铝合金材料具有较高的塑性和韧性, 因此需要选择适合加工铝合金的设备和工具。例如, 使用高速切削设备可以提高切削速度, 从而提高生产效率; 使用硬质合金刀具可以增加刀具的寿命和减小切削力; 使用合适的冷却液可以降低切削温度, 提高加工精度。(2) 确定合理的切削参数: 切削参数是粗加工中非常重要的因素, 包括切削深

度、进给速度、切削速度等。合理的切削参数可以优化切削过程,提高生产效率和加工质量。需要根据铝合金材料的性能、加工设备和刀具的参数等因素来确定合理的切削参数^[3]。(3)注重切削液的使用:切削液是粗加工中必不可少的辅助材料,它可以降低切削温度,减少切削力,提高加工精度。在使用切削液时,需要注意以下几点:选择适合铝合金材料的切削液;保持切削液的清洁和浓度;正确使用切削液的喷洒方式和方法。(4)控制加工过程中的形变:由于铝合金材料具有较高的塑性和韧性,粗加工过程中容易发生形变。为了控制加工过程中的形变,可以采用以下措施:合理安排加工顺序,避免工件发生扭曲和弯曲;使用夹具对工件进行固定和支撑;适当增加切削力,使工件在加工过程中保持稳定。

2.3 铝合金材料的锻压加工

锻压加工是当前铝合金生产市场中应用最为普遍的一种机械加工技术,其工作原理是通过在固态范围内对铝合金材料施加一定的静压力或者冲击力,促使材料在固态范围内分子发生流动,这样就能够成功获取到需求尺寸大小、形状以及内部组织的制件。锻压加工方法主要包括了三种,分别是自由锻压、模型锻压以及胎膜锻压等。加工厂在使用锻压加工技术生成铝合金材料产品时,相关工作人员要认真做好以下4方面安全防范措施内容:①现场工作人员要坚决杜绝用手直接去触碰砧上的锻件和氧化铁片,以免自身受到伤害;②在搬运锻件工作过程中,管理人员要严格督促工作人员规范操作,不能为了盲目追求生产加工效率,而提高单人搬运最大承受质量,否则在搬运中极为容易发生滑到砸伤安全事故;③在锻压加工过程,要防止任何工作人员到活动横梁下面进行探视冲模或者半成品,在进行检查作业时合理先将工作台移出;④相关工作人员在实施锻压操作时,自身必须站到安全区域位置,避免铝合金材料锻压过程中锻件蹦出来伤到自己^[4]。

2.4 利用热处理和冷处理

铝合金零件的加工工艺中,热处理和冷处理是常用的工艺方法,可以对零件的性能进行调整和改善。热处理是通过在铝合金零件进行加热和冷却的过程,以改变其晶体结构和组织,从而改善零件的力学性能和物理性能。常见的热处理方法包括固溶处理和时效处理。固溶处理是将铝合金零件加热到固溶温度,使合金元素溶解在基体中,然后快速冷却,实现固溶固溶体的形成。通过固溶处理,可以调整合金中的晶格结构和相组成,改善合金的塑性和强度,提高其机械性能。固溶处理还可

以消除合金中的硬化相并增加晶界的活动度,以减少应力和改善材料的韧性。时效处理是在固溶处理后,将铝合金零件在适当的温度下保持一段时间,然后再进行冷却。时效处理可以进一步沉淀和析出合金中的硬化相,从而进一步提高零件的强度和耐磨性^[1]。通过不同的时效处理工艺,可以实现不同硬度和强度水平的铝合金零件。冷处理是指在室温下对已经完成热处理的铝合金零件进行塑性变形。通过冷加工,可以进一步改善零件的机械性能,包括提高强度、硬度和耐腐蚀性。常见的冷加工方法包括压下、拉伸、轧制和剪切等。在铝合金零件加工过程中,热处理和冷处理可以相互结合,通过适当的热处理后再进行冷处理,以获得最佳的性能和加工精度。同时,热处理和冷处理的工艺参数和条件需要进行合理控制和调整,以确保零件的质量和稳定性。

3 铝合金材料的机械加工质量控制

3.1 内应力的消除

在铝合金材料的机械加工过程中,内应力的消除是保证零件质量和性能的重要步骤。内应力是由于材料的非均匀塑性变形和冷却过程中的收缩引起的,如果不适当处理,会导致零件变形、开裂和性能下降等问题。

(1)合适的机械参数控制:在机械加工过程中,合适的加工参数(如切削速度、进给速度、切削深度)是控制内应力的关键。过高的切削速度和进给速度会导致过热、塑性变形不均匀,加剧内应力的产生。因此,需要根据具体材料和零件的要求进行合理的机械参数选择^[2]。

(2)适当的冷却措施:在机械加工中,使用适当的冷却剂和冷却方法是控制内应力的重要手段之一。冷却剂的选择应考虑到不仅要降低零件温度,还要减少热传递速度,以保证材料的冷却速度均匀。同时,需要避免过快和不均匀的冷却,以避免产生新的内应力。此外,对于大型和复杂的铝合金零件,可以采用先进的冷却技术,如局部冷却和温度控制技术,以实现更好的内应力控制。(3)适当的热处理工艺:热处理是消除内应力的常用方法之一。通过合适的温度和时间控制,可以改变铝合金材料的晶体结构和组织,从而消除或降低内应力。常见的热处理方法包括固溶处理和时效处理。固溶处理可以将合金元素溶解在基体中,进一步改善材料的塑性和韧性。时效处理可以通过沉淀和析出硬化相,进一步增加材料的强度和硬度。(4)合理的退火工艺:退火是一种常用的内应力消除方法。通过将零件加热到一定温度并保持一段时间后慢慢冷却,可以实现材料的组织调整和内应力的释放。退火温度和时间选择需要基于具体的合金组成和零件尺寸来确定。

3.2 刀具的切削性能的改善

在铝合金材料的机械加工过程中,刀具的切削性能是影响加工质量和效率的重要因素。在提高铝合金材料的机械加工质量控制中,改善刀具的切削性能是关键之一。第一,刀具材料的选择:铝合金具有良好的导热性和低熔点,容易产生粘刀、焊接和刀具磨损等问题。为了改善切削性能,应选择具有优良耐热、耐磨性和低摩擦系数的刀具材料,如硬质合金、涂层刀具等。这些材料能够降低刀具与铝合金材料之间的热传导和摩擦,减少粘刀、热软化和刀具磨损等现象。第二,刀具几何形状的设计:刀具几何形状对切削力、切削温度和切削质量等方面有重要影响。在铝合金材料的机械加工中,应优化刀具的前角、后角、刀具刀面角度和刃磨度等参数。合适的刀具几何形状能够改善铝合金材料的切削性能,减少切削力和切削温度,提高加工精度和表面质量^[3]。第三,切削速度和进给速度的控制:在机械加工过程中,合适的切削速度和进给速度是控制切削性能的关键。过高的切削速度和进给速度会导致刀具磨损过快和材料热软化,降低加工质量;过低的切削速度和进给速度则会降低生产效率。因此,需要根据具体材料和工件要求,合理选择切削参数,以实现最佳的切削性能和加工效果。第四,冷却润滑剂的选择和使用:铝合金材料的加工过程中,适当使用冷却润滑剂可以有效改善切削性能。冷却润滑剂能有效降低切削温度、减少摩擦和磨损,延长刀具寿命,并提高铝合金加工质量和表面质量。选择合适的冷却润滑剂种类和使用方法,可以实现良好的切削性能和加工效果。

3.3 工件装夹方式的改善

在铝合金材料的机械加工过程中,工件装夹方式的改善对于保证加工质量至关重要。良好的工件装夹可以确保加工的稳定性和精度,减少误差和变形的产生。(1)合理选择装夹方式:根据工件的形状、尺寸和加工要求,选择合适的装夹方式。常用的装夹方式包括夹具夹紧、夹具定位、磁性吸盘和真空吸盘等。不同的装夹方式适用于不同的工件形状和加工要求,其中夹具夹紧方式是常用的装夹方式,可以提供较好的稳定性和刚度。(2)提高夹具精度和刚性:夹具的精度和刚性对于

工件装夹的稳定性和加工精度至关重要。因此,需要确保夹具精度达到要求,并通过优化夹具结构、选用高强度材料等措施提高夹具刚性。同时,定期进行夹具的维护和校准,确保夹具的正常工作状态^[4]。(3)增加工件支撑点:为了减少工件的弯曲和变形,可以增加工件的支撑点。通过增加支撑点的数量和位置,能够有效地提高工件的稳定性。在选择支撑点时,需要考虑工件的切削力分布和加工要求,以确保工件在加工过程中不发生过度变形或误差。(4)合理分配装夹力度:装夹力度对于保证工件的稳定性和加工精度具有重要影响。必须根据工件的材料和加工要求,合理分配装夹力度。过大的装夹力度容易引起工件的变形、加工误差和夹具损坏,而过小的装夹力度则会导致工件移动和不稳定。因此,需要进行装夹力度的合理调整和控制。(5)应用专用夹具和辅助装置:针对特殊形状的工件,可以考虑设计和使用专用夹具和辅助装置。专用夹具能够提供更好的适应性和稳定性,辅助装置能够在加工过程中提供额外的支撑和定位,确保工件的精度和质量。

结束语

铝合金材料是现代工业中使用广泛的一种重要材料,其机械加工工艺研究对于提高生产效率和产品质量至关重要。在机械加工过程中,合理控制内应力、改善刀具切削性能和改善工件装夹方式是保证加工质量的关键步骤。在未来的研究中,还需要进一步深入探讨铝合金材料的机械加工工艺,不断提出新的解决方案和方法,为实现高效、精确和可持续发展的铝合金加工提供更多的支持。

参考文献

- [1]刘文平.铝合金材料的机械加工工艺分析[J].冶金与材料,2020,40(06):87-88.
- [2]叶贻周.浅析铝合金材料机械加工安全技术事故防范措施[J].安全与健康(上半月版),2020,000(003):39-40,44.
- [3]田春波.铝合金机械加工中挤压和切削控制问题[J].2021(2013-13):78-78.
- [4]王冬霞.铝合金薄壁零件的车削工艺[J].现代制造技术与装备,2017,(01):105-106.