

浅谈仿真技术在箱体加工工艺开发中的运用

史立峰 舒 森

中车戚墅堰机车有限公司 江苏 常州 213000

摘要: 随着机械加工技术的不断发展,仿真技术在箱体类零部件加工工艺开发中的运用日益广泛。通过仿真技术,可以在虚拟环境中对箱体加工过程进行模拟和优化,从而提高加工效率、保证加工质量、降低生产成本。本文将从仿真技术在箱体加工工艺开发中的应用背景、具体应用、案例分析以及未来发展趋势等方面进行探讨。

关键词: 仿真技术; 箱体; 新产品; 工艺开发

引言

箱体类零件是机械零件中的典型零件,如柴油机机体、前端箱体、齿轮传动箱体、变速箱体等,它们是柴油机组装的基础零件。箱体的加工质量不仅影响其装配精度及运动精度,还对柴油机的工作精度、使用性能和寿命有着决定性的影响。然而,箱体零件结构复杂、壁厚不均、需要加工的表面多且精度要求高,这使得箱体加工工艺的开发难度较大。仿真技术的引入,为箱体加工工艺的开发提供了新的思路和手段。

1 仿真技术在箱体加工工艺开发中的应用背景

传统的箱体加工工艺开发往往依赖于工艺师的经验和试加工验证法,这种方法不仅效率低下,而且成本高昂。随着计算机技术的不断发展,仿真技术逐渐成熟,并在机械加工领域得到了广泛应用。通过仿真技术,可以在虚拟环境中对箱体加工过程进行模拟,预测加工过程中可能出现的问题,并提前进行优化。这不仅可以提高加工效率,还可以保证加工质量,降低生产成本。

2 仿真技术在箱体加工工艺开发中的具体应用

2.1 数控加工程序仿真

数控加工程序是箱体加工的灵魂,其准确性和高效性直接关系到加工件的质量和生产效率。数控加工程序的仿真技术,通过模拟实际的加工环境,为工艺人员提供了一个虚拟的试验场,使他们能够在不占用实际机床资源的情况下,对加工程序进行全面的验证和优化。在数控加工程序仿真中,刀具路径模拟是核心环节。以箱体铣削加工为例,通过仿真软件,工艺人员可以直观地看到刀具在加工过程中的每一个运动轨迹,包括进刀点、切削路径、退刀点等。这种可视化的模拟方式,不仅有助于发现程序中可能的错误,如刀具干涉、过切、欠切等,还可以通过优化刀具路径来减少空刀行程,提高加工效率。比如,通过调整刀具的进给速度和切削深度,可以使得刀具在加工过程中更加顺畅,减少不必要

的停顿和转折,从而缩短加工时间^[1]。此外,加工时间预估也是仿真软件的一项实用功能。它可以根据加工程序和机床的性能参数,大致估算出加工所需的时间。这对于生产计划的合理安排和生产成本的控制具有重要意义。比如,在批量生产箱体时,通过加工时间预估可以准确计算出每个箱体的加工时间,从而制定出更加合理的生产计划,提高生产效率。

2.2 工装夹具与加工刀具的设计与选型

2.2.1 工装夹具设计仿真

随着有限元仿真技术的发展,为夹具设计提供了一种新的、更加科学的方法。通过有限元仿真技术,可以对夹具进行静力分析和模态分析。静力分析主要用于评估夹具在受力状态下的刚度和变形情况。以箱体镗孔加工为例,夹具在夹紧工件时会受到切削力的作用,利用仿真软件可以模拟这种受力状态,分析出夹具的应力分布和变形情况。如果发现夹具的某个部位应力集中或变形过大,就可以对夹具进行相应的优化,如增加支撑点、改善夹持方式等。模态分析则用于评估夹具的动态性能。在加工过程中,夹具和工件组成的系统会受到机床振动、切削力变化等动态因素的影响。通过模态分析,可以求出夹具系统的固有频率和振型,从而判断夹具在动态力作用下的稳定性。如果夹具的固有频率与机床的振动频率相近,就容易发生共振现象,导致加工精度下降。因此,在夹具设计时,可以通过模态分析对夹具进行优化设计,避免共振现象的发生。

2.2.2 加工刀具的设计与选型

加工刀具的设计与选型同样对加工质量和效率有着重要影响。在刀具选型时,除了考虑刀具的材质、硬度、耐磨性等基本性能外,还需要通过三维仿真模拟来验证刀具的适用性。通过三维仿真,可以模拟刀具与工件之间的切削过程,评估刀具的切削力、切削温度、切削效率等参数。同时,还可以模拟刀具在机床上的安装

位置、切削路径等,确保刀具在加工过程中不会与工件或夹具发生碰撞,且刀具长度足够完成整个切削过程^[2]。此外,三维仿真还可以帮助优化刀具的几何形状和切削参数,以提高加工质量和效率。例如,通过仿真分析可以确定刀具的前角、后角、刃倾角等几何参数,以及切削速度、进给量、切削深度等切削参数,使得刀具在加工过程中能够达到最佳的切削效果。

2.2.3 切削力仿真

切削力是箱体加工过程中的一个重要物理量,它直接影响到加工效率、刀具寿命和加工质量。通过切削力仿真技术,可以对切削过程中的切削力进行模拟和分析,为刀具和机床的选择提供科学依据。在切削力仿真中,首先需要建立准确的切削模型。这个模型需要考虑刀具的几何形状、切削参数(如切削速度、进给量、切削深度等)、工件材料的物理性质(如硬度、韧性等)等因素。以箱体铣削加工为例,通过仿真软件可以建立起符合实际加工情况的切削模型,包括刀具的切削刃形状、前角、后角等几何参数,以及切削速度、进给量、切削深度等切削参数。建立好切削模型后,就可以进行切削力的计算了。通过仿真软件,可以计算出切削过程中产生的切削力的大小和方向。这些计算结果可以为刀具的选择提供重要依据。比如,在箱体加工中,如果需要选择一把能够承受较大切削力的刀具,就可以通过切削力仿真来计算出不同刀具在相同切削参数下的切削力大小,从而选择出最合适的刀具^[3]。此外,切削力仿真还可以用于优化加工过程。通过模拟不同切削参数下的切削力变化情况,可以找出最佳的切削参数组合。以箱体铣削加工为例,通过切削力仿真可以分析出不同切削速度、进给量、切削深度下切削力的变化曲线,从而选择出既能保证加工效率又能保证加工质量的切削参数组合。

3 仿真技术在箱体加工工艺开发中的优势

3.1 提高加工精度

仿真技术为箱体加工工艺提供了一个高精度的虚拟试验平台。通过细致入微的模拟,技术人员可以在加工前对刀具路径、切削力、热变形等因素进行全面分析。这种预先的模拟能够揭示出设计中可能存在的隐患,如刀具干涉、切削过度或不足等,进而对工艺进行精细化调整。这不仅减少了实际加工中的误差积累,还显著提升了箱体的加工精度和最终产品的尺寸稳定性。

3.2 优化工艺参数

仿真技术允许技术人员在虚拟环境中快速测试和调整各种工艺参数,如切削速度、进给率和切削深度。通过对比不同参数组合下的模拟结果,可以直观地评估加

工效率、刀具磨损和表面质量,从而迅速锁定最优工艺参数组合。这种基于数据的优化方法不仅降低了生产成本,还提高了生产效率和产品质量,使箱体加工更加高效、可靠。

3.3 减少试制成本

利用仿真技术,箱体加工工艺的开发不再完全依赖于耗时的试加工验证过程。通过在虚拟环境中进行多次模拟和优化,可以大幅减少实际试制次数。这不仅节省了材料成本和机床时间,还显著缩短了产品开发周期^[4]。同时,仿真技术的精确性也确保了试制过程的针对性和有效性,进一步降低了整体试制成本。

4 案例分析:以内燃机车柴油机零部件加工为例

4.1 案例背景

在新型柴油机的开发过程中,面临了柴油机零部件(如柴油机机体、前端箱体、支架等)加工的难题。这些零部件作为柴油机的核心组成部分,其加工精度和稳定性直接关系到内燃机车的运行性能和可靠性。由于零部件结构复杂,加工工序繁多,且材料在加工过程中易发生变形,传统的加工工艺难以确保加工质量和效率。为了提升加工精度和生产效率,需采用仿真技术进行加工工艺的开发与优化。

4.2 案例详情

4.2.1 柴油机零部件结构及加工难点分析

以柴油机机体为例,它通常为铸铁件,具有重量大、结构复杂的特点。加工难点主要包括:机体上有多精度要求极高的孔和面,需要确保位置度和平行度;局部壁较薄,加工过程中易因切削热和夹紧力导致变形;结合面和轴承孔的加工精度要求极高,必须保证良好的接触精度和密封性。前端箱体和支架等零部件也存在类似的加工难点。

4.2.2 仿真技术在加工工艺开发中的应用

(1) 有限元仿真分析

目的是分析加工过程中的应力分布、变形情况以及夹紧布局对零部件加工精度的影响。具体过程为:使用ABAQUS等有限元分析软件,建立柴油机机体的三维有限元模型,包括材料属性、几何尺寸、网格划分等。模拟不同夹紧布局下的夹紧力作用,分析机体在加工过程中的应力分布和变形情况。通过调整夹紧布局和夹紧力大小,优化加工过程中的应力分布,减少变形。最终,确定最优的夹紧布局和夹紧力参数,使机体在加工过程中的变形量控制在允许范围内,提高加工精度。

(2) 数控编程与加工仿真

目的是验证数控加工程序的正确性,优化刀具路

径,提高加工效率和质量。具体过程为:使用UG软件进行柴油机机体的三维建模,并根据加工工艺分析制定加工方案。选择合适的刀具和夹具,设置切削参数,生成数控加工程序。将数控加工程序导入VERICUT等加工仿真软件,进行刀具路径的仿真验证。检查刀具路径是否合理,是否存在碰撞、过切、欠切等问题。同时,分析加工过程中的切削力、切削热对机体变形的影响。根据仿真结果,对数控加工程序进行优化调整,如调整刀具路径、切削参数等,以提高加工效率和质量。最终通过仿真验证,发现并修复了数控加工程序中的多处错误,优化了刀具路径和切削参数。

4.2.3 仿真技术在工艺优化中的具体作用

一是减少试切次数:通过仿真技术,可以提前发现并解决加工过程中可能出现的问题,如刀具碰撞、过切等,从而大大减少传统试切过程中的反复调整次数,节省时间和成本。二是提高加工精度:有限元仿真分析优化了夹紧布局和夹紧力参数,减少了加工过程中的变形量。同时,加工仿真验证了数控加工程序的正确性,保证了加工精度。三是缩短开发周期:仿真技术使得加工工艺的开发和优化更加高效,缩短了开发周期。四是降低生产成本:通过减少试切次数和返工率,以及提高生产效率,降低了生产成本。

4.2.4 仿真技术的应用效果实例

(1)加工精度提升:通过仿真优化后的加工工艺,柴油机机体的加工精度得到了显著提升。例如,结合面的平面度从原来的0.08mm提升到了0.03mm,孔位置度从原来的0.12mm提升到了0.06mm。(2)生产效率提高:数控编程与加工仿真使得加工过程中的错误和停机时间大大减少,优化后的加工工艺使生产效率提高了约25%。

(3)成本降低:由于减少了试切次数和返工率,以及提高了生产效率,生产成本得到了有效降低。

4.3 案例总结

本案例详细展示了仿真技术在内燃机车柴油机零部件加工工艺开发中的重要作用。通过有限元仿真分析和数控编程与加工仿真,成功优化了柴油机零部件的加工工艺,提高了加工精度和生产效率,降低了生产成本。这一案例不仅为其他企业在内燃机车柴油机零部件加工工艺开发中应用仿真技术提供了有益的借鉴和参考,也

进一步证明了仿真技术在现代制造业中的巨大潜力和广阔前景。

5 未来发展趋势

随着计算机技术的飞速进步,仿真技术在箱体加工工艺开发中的应用前景将更加广阔。未来,这一技术将不仅仅局限于现有的模拟和分析功能,而是更加注重与实际生产过程的深度融合。一方面,仿真技术将不断追求更高的精确度和真实性。通过更精细的模型构建和更准确的算法应用,仿真技术将能够更真实地模拟箱体加工过程中的各种物理现象和工艺特性,为工艺开发提供更加可靠的依据。另一方面,仿真技术将与其他先进技术紧密结合,共同推动箱体加工工艺的智能化发展。例如,与人工智能技术的结合,将使仿真系统能够自动优化工艺参数,提高加工效率;与大数据技术的结合,则可以使仿真系统更加全面地分析加工过程中的各种数据,为工艺改进提供更加有力的支持。总之,未来仿真技术在箱体加工工艺开发中的应用将更加广泛、深入和智能,为箱体加工行业的持续发展注入新的活力。

结语

仿真技术在箱体加工工艺开发中的运用具有重要意义。通过仿真技术,可以在虚拟环境中对箱体加工过程进行模拟和优化,提高加工效率、保证加工质量、降低生产成本。未来,随着计算机技术的不断发展,仿真技术在箱体加工工艺开发中的应用前景将更加广阔。

参考文献

- [1]王连宏,郭巨寿,卢广和,等.有限元仿真技术在发动机箱体夹具应用上的研究与实践[C]//中国自动化学会专家咨询工作委员会,中国计算机系统仿真应用工作委员会,中国仪器仪表学会产品信息委员会,北京国信融合信息技术研究院.2020中国系统仿真与虚拟现实技术高层论坛论文集.山西柴油机工业有限责任公司;北京理工大学;,2020:4.
- [2]王昕,李幸人,张江田,等.机车轴箱体裂损分析和仿真测试研究[J].铁道机车与动车,2024,(05):37-41+43+6.
- [3]文新海,殷金菊,张磊,等.基于整车驻车试验的DCT箱体强度耐久仿真[J].汽车实用技术,2023,48(19):123-126.
- [4]何鹏辉,关鹤,赵玉凯,等.某型齿轮减速器箱体仿真分析[J].内燃机与配件,2023,(05):14-16.