

Finite Element Analysis of Key Part Screws in Fixture

Jicheng Yu Kuan Li Mengxin Zhang Jiabin Song Huiqin Li*

Department of Engineering, Yellow River University of Science and Technology, Zhengzhou, Henan, 450063, China

Abstract

This study focuses on the screws in the fixture and uses ANSYS software to carry out finite element analysis. The complete process from modeling to result analysis focuses on screw performance optimization, finite element analysis, stress distribution improvement and strength enhancement. Through accurate analysis, it provides a reliable basis for fixture design and ensures its stability and reliability in practical applications. The research results provide strong theoretical and data support for engineering practice, promote fixture design and engineering application to a higher quality level, promote the continuous development and progress of related technical fields, and is expected to play an important role in industrial production and other fields to improve the overall production efficiency and product quality.

Keywords

tooling fixture; ANSYS; screw stress; finite element analysis

工装夹具中关键件螺钉的有限元分析

禹纪成 李宽 张梦欣 宋家彬 李会芹*

黄河科技学院工学部, 中国·河南 郑州 450063

摘要

本研究聚焦工装夹具中的螺钉, 利用 ANSYS 软件开展有限元分析。从建模开始至结果分析的完整流程, 重点关注螺钉性能优化、有限元分析、应力分布改善及强度提升。通过精确分析, 为工装夹具设计提供可靠基础, 确保其在实际应用中的稳定性与可靠性。研究成果为工程实践提供了有力的理论与数据支持, 推动工装夹具设计和工程应用迈向更高质量水平, 促进相关技术领域不断发展进步, 有望在工业生产制造领域发挥重要作用, 提高整体生产效率与产品质量。

关键词

工装夹具; ANSYS; 螺钉受力; 有限元分析

1 引言

工装夹具即一种机械加工制造中装夹工件的机械工艺装备, 它是制造系统(FMS)中非常重要的工艺装备, 可直接影响到数控机床的加工效率和加工精度。为确保高效的制造、精益的生产, 研究机床夹具的设计非常有必要。

本次设计的工装夹具关键元件是与数控机床第四轴连接的连接件, 螺钉结构简单, 拆装与调整便捷, 在工程生产中, 它成本低、易批量生产, 作为标准件可在不同工件中替换。因此, 夹具与第四周轴的关键连接件选择螺钉。

ANSYS workbench 里有结构动力学、刚性动力学、机

械静力学、流体动力学、电磁场、耦合场等多个分析模块, 可根据实际情况选择分析类型。

在夹具设计过程中, 引入三维设计及有限元分析技术, 对工装夹具关键部位进行受力分析, 检验设计的合理性, 通过数据来解决经验不足的问题, 提高产品设计经济性,

2 有限元软件分析流程精析

对螺钉受力的有限元分析, 主要包括以下几个步骤: ①创建模型。简化螺钉的力学结构并创建力学模型。②划分网格。基于螺钉所受应力大小情况进行分析, 并采取不同方式对螺钉进行网格划分并对螺钉部分网格进行细化。③模型施加载荷。螺钉在实际工作中所承受的载荷为轴向的拉伸载荷和径向的剪切, 根据螺钉的实际受载荷情况和动力分析, 采用合理的边界约束和加载方式。④有限元的计算和结果校核^[1]。根据计算的结果, 对数据进行图表统计处理并直观分析, 以便对螺钉的结构参数进行优化设计。

【基金项目】2023 年国家级大学生创新创业项目(项目编号: 202311834001)。

【作者简介】禹纪成(2002-), 男, 中国河南泌阳人, 在读本科生, 从事机械电子工程研究。

【通讯作者】李会芹(1984-), 女, 中国河南许昌人, 副教授, 从事机械制造工艺教育研究。

3 螺钉受力分析

3.1 连接方式下的复杂受力

工装夹具应用实际中,夹具体通过法兰盘上的多个螺钉与机床四轴分度盘和尾座紧密相连,螺钉在这种连接方式下承受着极其复杂的受力情况。机床重力通过连接结构以不均匀地分布形式传递到各个螺钉上,产生复杂的压力分布。同时,在加工过程中,机床产生的横向铣削力经由连接部位作用于螺钉,使螺钉同时承受轴向拉伸、径向剪切以及弯矩等多种载荷的复合作用。

3.2 受力计算过程与数据依据

通过计算夹具和工件的总重量,并结合螺钉的分布位置和连接方式,运用力的分解和合成原理,准确计算每个螺钉所承受的平均轴向力^[2]。

夹具体通过法兰盘上表面 8 个 $\varnothing 12\text{mm}$ 螺钉与机床四轴分度盘连接,法兰盘下表面也由 8 个 $\varnothing 12\text{mm}$ 螺钉与机床尾座相连。对此处连接螺钉进行简化受力情况分析如图 1 所示。

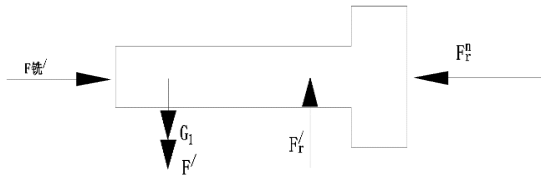


图 1 螺钉的简化受力分析

每个螺钉 $F_{\text{铣}}^x = \frac{F_{\text{铣}}}{8}$ 。

G 为夹具总重量, F^y 为夹具给每个螺钉的重力分力。

$$F^y = \frac{G}{n} = \frac{G}{16}$$

G_1 为螺钉自重, F_1^y 为径向支撑反力, F_1^x 为轴向支撑反力。

借助 Solid Works 软件对工装夹具各部件的材料属性和几何尺寸进行精确测量和详细定义,是准确计算螺钉受力的重要基础。依据精确的材料密度计算公式以及各部件精准的形状尺寸数据,运用先进的数值计算方法准确计算每个部件的质量(见表 1),计算出来具体与工件的总重量为 125.4kg,取 $G=10\text{N/kg}$; $G \approx 1250\text{N}$, $F^y=78.125\text{N}$ 。

4 螺钉有限元模型建立

①有限元模型建立涵盖定义单元类型、确定材料物性与实常数以及创建几何模型等方面。其中,几何模型是进行有限元分析的根基,与实体模型越相近,就越能精准地呈现真实分析结果^[2]。

②运用 ANSYS 软件里的 APDL 参数化设计语言的几何建模功能以及简便的菜单操作界面几何建模功能,能够构建有限元模型。

③在创建几何模型过程中,需保障计算结果精确性并控制模型规模。可进行适当简化与修改,要力求精准,如实反映螺钉特征。

表 1 部件质量

部件名称	材料	密度 kg/m	质量 kg	数量
十字转台	灰铸铁	7200	69.38	1
定位板 1	普通碳钢	7800	8.05	4
定位板 2	普通碳钢	7800	7.652	4
楔块 1	普通碳钢	7800	0.26	16
楔块 2	普通碳钢	7800	0.24	8
楔块 3	普通碳钢	7800	0.24	16
法兰盘	普通碳钢	7800	6.56	2
定位轴	合金钢	7700	3.17	2
定位销	合金钢	7700	0.03	4
凹头螺钉	普通碳钢	7800	0.064	48
液压阀体	黄铜	8900	1.68	16

螺钉所受铣削力为铣削工件时的铣削力,铣削工件时,

每个螺钉受到 $F_{\text{铣}}^x = \frac{F_{\text{铣}}}{8} = 28.425\text{N}$ 。

5 网格划分

先对螺钉几何体进行拆分,然后在此基础上设定单元网格尺寸,进而细化螺钉区域网格,模拟螺钉应力集中情况。因为要比较准确地模拟螺钉受力情况,所以应用 ANSYS 划出四面体网格,并且按照由粗到细的方式进行网格过渡,如此一来可以大大节省计算时间。同时,考虑到网格尺寸对计算机结果有很大影响,网格过粗计算结果不准确,网格过细计算时间又过长,故而对螺钉进行网格细化。经过多次测算,最终将节点个数确定为 3000 个,单元个数确定为 3065 个。网格划分模型如图 2 所示。

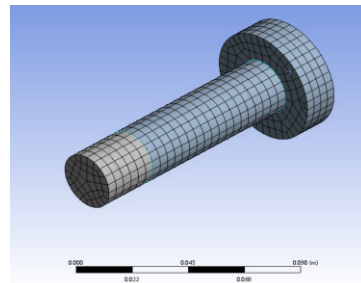


图 2 网格划分图

6 求解分析

定义螺钉材料为普通碳钢,在求解之前,需要对有限元模型施加载荷如图 3 所示和约束,螺钉头部直径为 18mm,杆部直径 12mm,整体长度为 30mm,承受力为 28.425N。

由于存在力的相互作用,致使螺钉发生了位移变形。其变形及等效应力如图 4、图 5 所示。

由有限元分析数据可得螺钉最大位移变形为 0.011399mm,变形区域为螺钉顶端。最小变形区域为螺帽,位移变形为 $5.2906 \times 10^{-9}\text{mm}$ 。

由结果可得螺钉最大应力为 36.026MP,最小应力为 0.049323MP。

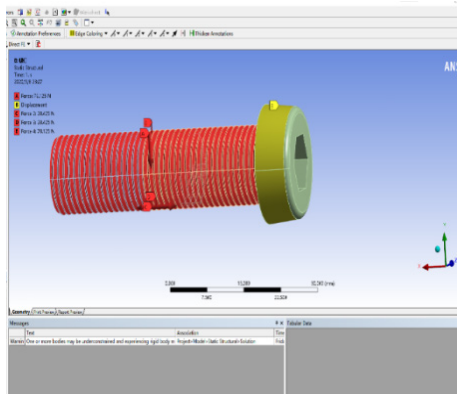


图 3 施加载荷

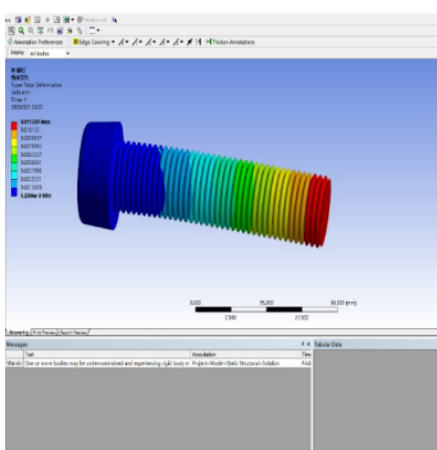


图 4 整体变形图

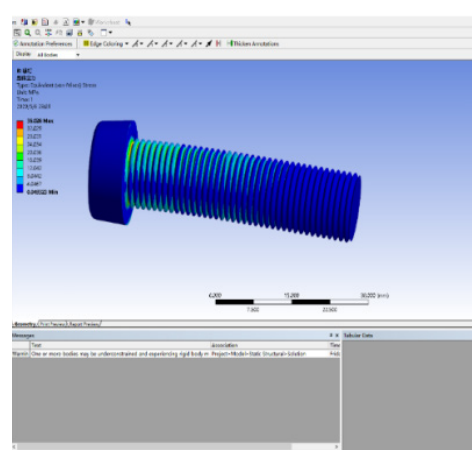


图 5 等效应力图

7 研究成果总结

本研究通过运用 ANSYS 软件对工装夹具中关键件螺钉进行了全面深入的有限元分析。从理论基础、分析流程到实例分析和结果应用，系统地阐述了整个研究过程。准确掌握了螺钉在复杂工况下的受力状态、应力分布规律以及变形特征，后期可基于分析结果提出了一系列结构优化、材料选择和实际应用方面的有效建议。这些成果为工装夹具的优化设

计提供了重要的数据支持和理论依据，有助于提高工装夹具的可靠性和安全性，降低生产成本，提高生产效率。

参考文献

- [1] 钟友坤.基于ANSYS软件的螺栓螺纹轴向受力有限元分析[J].南方农机,2017,48(22):4-6.
- [2] 薛逸然,杨磊,曹利平,等.机床封闭空间内切削声场分布有限元分析[J/OL].制造技术与机床,1-10[2024-10-14].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3398.TH.20240923.1713.002.html>.