

新型阴极结构对机床受力的影响分析及试验

李博¹,黎云玉¹,唐霖²

(1. 西安工程大学 工程训练中心,陕西 西安 710600; 2. 西安工业大学 机电工程学院,陕西 西安 710021)

摘要:大口径深线型内螺旋槽电解加工时,机床受力的大小对产品零件的加工精度有着重要影响。基于UG NX对传统阴极与新型阴极在加工时机床受力进行有限元分析,结果表明,新型阴极结构加工时,机床主轴的受力较小;通过加工工艺试验,测得零件尺寸合格,进一步验证了新型阴极结构的合理性。

关键词:电解加工;UG;有限元;阴极

中图分类号:TH161 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2020)04-0009-03

Analysis and Test of Influence of New Cathode Structure on Force of Machine Tool

LI Bo¹, LI Yunyu¹, TANG Lin²

(1. Engineering Training Center, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710600, China;

2. School of Mechatronic Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710021, China)

Abstract: In the electrochemical machining of large-caliber and deep-line inner spiral groove, the force of machine tool has an important influence on the machining accuracy of parts. The bearing force of machine tool in the use of traditional cathode is compared with that in the use of new cathode by finite element analysis based on UG NX. The results show that the bearing force of the machine tool spindle in machining the new cathode structure is smaller. The dimension of the part is qualified by electrochemical machining experiments, thus further verifying the rationality of the new cathode structure.

Keywords: electrochemical machining; UG; finite element; cathod

0 引言

传统膛线阴极采用前引导定位,如图1所示,电解液从牵引杆进入,沿阴极工作齿小端的小孔喷出至加工间隙,流经工作齿大端从后引导表面流出。电解液在加工间隙的流动方向与拉杆牵引阴极运动的方向相反,逆流的结果使机床所受轴向力较大^[1-2],特别是在加工大口径深混合膛线或其他大型深孔内螺旋线时,显得机床刚性不足^[3-4]。



图1 传统阴极

为使阴极具有换向顺流的功能,后堵头设计成带有一定圆锥角度形式,这样设计是为使电解液从牵引杆引进阴极体后,冲到后堵头圆锥后能反射电解液,同时,在阴极体和后引导设计一定角度斜孔,这样反射的电解液能从通过阴极体和后引导的斜孔喷出到达加工区,达到流场收敛目的。本文通过对两种阴极工作时机床受力情况的有限元

分析,并在此基础上对新型阴极结构的合理性进行工艺试验验证。

1 新型阴极结构

如图2所示的新型阴极结构,通过剖切A、B两个切面探究孔分布与工作齿设计制造的关系。

1) 阴极整体装配剖视图A如图2(b)所示,电解液从牵引杆进入阴极管道,冲向后堵头锥面沿各方反射,然后进入后引导斜孔。由图中可看到后引导斜孔与阴极体的小孔相接以及阴极体进液小孔的分布情况。由上面的分析可知,设计和制造关键之一是让其进液小孔必须与后引导供液斜孔对准。

2) 整体装配剖视图B如图2(c)所示,电解液从斜孔出来由工作齿大端奔向工作齿小端,再流入前引导回流小孔,最后由后引导与工作齿镶嵌的泄流小孔排出,该剖视图是为了说明后引导与工作齿镶嵌的泄流小孔的接壤情况。

加工时机床的受力根据拉杆受力进行判断,采用有限元分析^[5-8],得出两种阴极结构在电解加工时机床拉杆的位移分布和应力分布。

2 有限元模型

在UG环境下,建立仿真模型(FEM),定义结构材料

基金项目:国家自然科学基金青年基金资助项目(51802244);陕西省特种加工重点实验室专项基金资助项目(2015SSZsj-61-6)

第一作者简介:李博(1988—),男,山西运城人,工程师,硕士研究生,研究方向为机械设计制造、电化学加工。

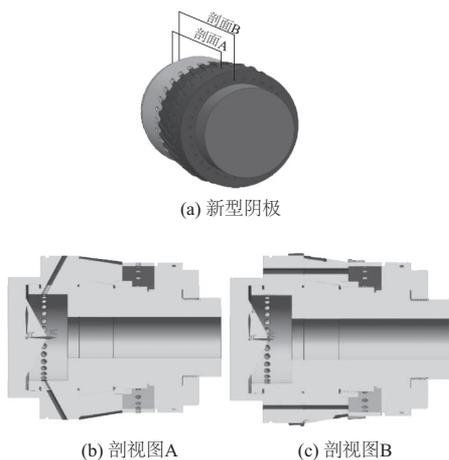


图 2 新型阴极

属性。阴极的材料为黄铜,拉杆的材料为不锈钢。如图 3 所示,创建网格搜集器并划分网格。

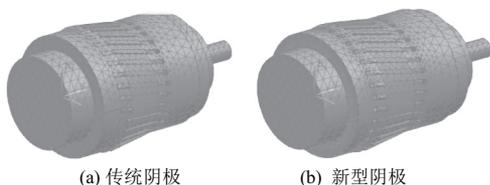


图 3 网格划分

2.1 建立仿真模型

选定仿真模型中与机床拉杆连接处为固定约束。在电解蚀除过程中,电解液以一定的速度通过阴极的工作齿,阴极与阳极加工间隙区域受到电解液动力,定义进口流速 V 为 $15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,进口面积 A 为 42.25 mm^2 ,则流量 $q = V \cdot A = 1.99 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 。假设电解液密度 ρ 为 $1.1 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,在阴极体内的液动力可视为抵消,所受到的液动力按 $F = \rho q (V_2 - V_1)$ 计算, V_1 、 V_2 分别为工作齿大小端速度。计算可得到新型阴极所受的力 $F_a = 18.4 \text{ N}$,方向沿拉杆运动;传统阴极所受力大小 $F_b = 11 \text{ N}$,方向与拉杆运动相反,创建仿真模型如图 4 所示。

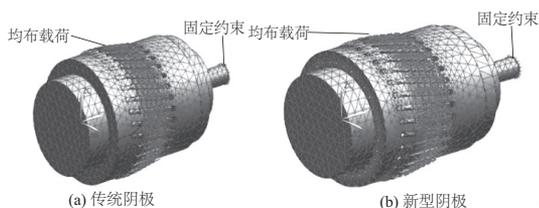


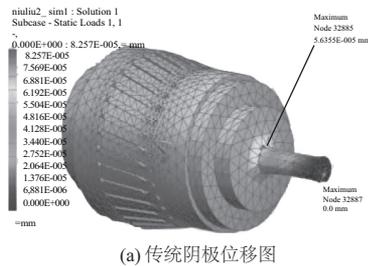
图 4 创建的仿真模型

2.2 位移分布

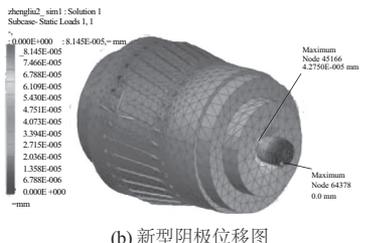
后处理绘制如图 5 所示的位移变化云图,其中最大、最小位移节点及大小以标识框显示,传统阴极最大位移为 $5.635 5 \times 10^{-5} \text{ mm}$,新型阴极最大位移为 $4.275 0 \times 10^{-5} \text{ mm}$ 。

由位移分布图可知,传统阴极对应的机床拉杆所受形变为拉长,当牵引杆牵引着阴极运动时会加剧机床拉杆的形变,机床受力较大,而新型阴极对应的机床牵引杆形变

为压缩,阴极推着机床牵引杆运动,减轻机床拉杆所受的负载,机床受力较小,因此新型阴极解决了机床受力过大的问题。



(a) 传统阴极位移图

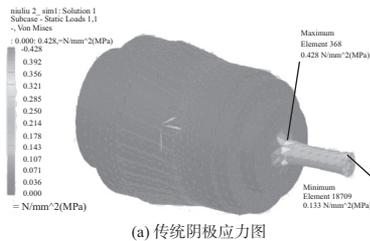


(b) 新型阴极位移图

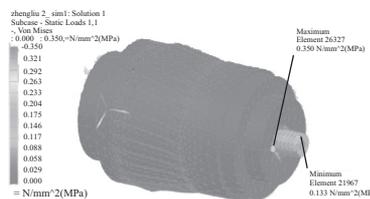
图 5 位移分布云图

2.3 应力分布

后处理绘制如图 6 所示的应力变化云图,其最大、最小应力节点及大小以标识框显示,传统阴极最大应力为 0.428 MPa ,新型阴极最大应力为 0.350 MPa 。



(a) 传统阴极应力图



(b) 新型阴极应力图

图 6 应力分布云图

由应力分布图可知,机床牵引杆所受应力最小的位置相同,均为 0.133 MPa ,最大的位置在拉杆与阴极的连接处。传统阴极对应的机床拉杆应力值大于新型阴极对应的机床拉杆最大应力值,分析结果表明新型阴极结构优于传统阴极结构。

3 新型阴极工艺试验

如图 7 所示,在电解加工机床上进行工艺试验,验证仿真得到的新型阴极结构是否合理。按照加工对象的膛线缠角变化的范围,加工参数如下:电压为 $12 \sim 15 \text{ V}$,进给速度为 $15 \sim 18 \text{ mm/min}$,电解压力为 2 MPa ,电解液温

度;30℃~35℃。加工的部分记录如表1所示。

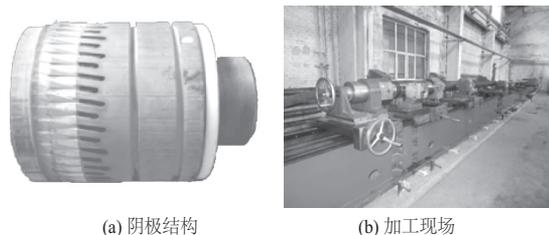


图7 阴极及加工现场

表1 加工部分记录 单位:mm

序号	阴线宽	阴线直径	序号	阴线宽	阴线直径
1	6.27	159.68	25	6.21	159.68
2	6.26	159.68	26	6.21	159.66
3	6.25	159.68	27	6.25	159.66
4	6.25	159.68	28	6.22	159.68
5	6.21	159.68	29	6.27	159.68
6	6.20	159.64	30	6.28	159.64
7	6.24	159.66	31	6.20	159.66
8	6.23	159.66	32	6.32	159.66
9	6.21	159.66	33	6.26	159.66
10	6.19	159.64	34	6.25	159.64
11	6.18	159.68	35	6.28	159.68
12	6.19	159.68	36	6.29	159.68
13	6.18	159.68	37	6.30	159.68
14	6.21	159.66	38	6.28	159.66
15	6.13	159.66	39	6.23	159.66
16	6.09	159.68	40	6.34	159.68
17	6.21	159.68	41	6.30	159.68
18	6.26	159.68	42	6.32	159.68
19	6.17	159.68	43	6.23	159.68
20	6.24	159.68	44	6.31	159.68
21	6.10	159.68	45	6.17	159.68
22	6.16	159.66	46	6.26	159.66
23	6.23	159.64	47	6.29	159.68
24	6.22	159.68	48	6.34	159.68

注:1#切片电压17.5V;阴线46条通规过,15、16条,止规不过。

电解加工后零件切片实物如图8所示。



图8 膛线切片

4 结语

1)由有限元分析结果可知,新型阴极结构在加工时可减轻机床拉杆负载,牵引杆与阴极连接处最大应力值小于传统阴极,有效地解决了传统膛线阴极在加工时导致机床受力大的问题。

2)实验结果表明,新型阴极结构加工过程稳定,蚀除过程加工间隙流场收敛,通过对零件切片进行测量,零件尺寸合格,满足精度要求。

参考文献:

- [1] 范植坚,王天诚. 电解加工技术及其研究方法[M]. 北京:国防工业出版社,2004.
- [2] 唐霖. 膛线电解加工独立工作齿阴极设计[J]. 工程设计学报,2009(16):142-144.
- [3] 段秋丽,范植坚,毛京. 分立式阴极变齿厚工作齿加工间隙流场仿真[J]. 西安工业大学学报,2014(10):810-814.
- [4] 王丽. 有限元分析法在数控机床结构设计分析中的应用[J]. 机械与电子,2011,29:540-541.
- [5] 杨森. 异型壳体电解加工及其基于UG的参数化设计[D]. 西安:西安工业大学,2013.
- [6] 康保印,范植坚,唐霖. 闭式整体构件涡道电解加工流场设计与分析[J]. 兵工学报,2015,36(1):151-156.
- [7] 程永奇,张贵成,孙有松. 基于UG的传动机构有限元分析方法研究[J]. 机械,2010,37(11):40-43.
- [8] 王新宇,解植文,郑来萍. 基于UG NX的刀具参数化设计[J]. 新技术新工艺,2009(3):9-10.

收稿日期:2019-01-12