

基于反变形控制的“波浪铣”加工工艺

李远超 李 冲 郝明华

徐州徐工挖掘机有限公司 江苏徐州 221000

摘要: 挖掘机因其作业环境和工况复杂,经常面临高寒、高温、高湿、多尘和交变载荷等挑战,对挖掘机结构件可靠性要求极高。国内挖掘机制造企业普遍存在过程质量稳定性弱的问题,导致国产挖掘机产品可靠性与外资品牌产品存在一定差距,产品的竞争力不足,因此如何提升挖掘机生产制造精度,是挖掘机生产制造企业急需解决的必要问题。

关键词: 稳定性; 可靠性; 制造精度

1 前言

随着挖掘机行业的高速发展,挖掘机市场竞争越发激烈,挖掘机整机的可靠性成为了挖掘机销量的决定性因素。挖掘机转台连接着工作装置和行走装置,是挖掘机的关键核心部件,挖掘机转台制造精度成为了影响挖掘机可靠性的最关键因子,如何提升挖掘机转台制造精度引起了企业的广泛关注。

挖掘机转台是由转台主体、左右裙架焊接而成,转台的回转支承安装面是在转台主体上加工完成的,受左右裙架焊接变形影响,转台回转支承安装面平面度波动较大。本文聚焦挖掘机转台回转支承安装面平面度,通过开展基于反变形控制的“波浪铣”加工工艺研究,实现转台回转支承安装面的大幅度提升,消除因回转支承安装带来的故障,同时提升挖掘机的可靠性和使用寿命。

2 试验材料与设备

挖掘机转台材质主要为Q345B低碳合金钢, Q345B钢板厚度主要为25mm,低碳合金钢各组成部分的化学成分见表1。因挖掘机转台是由转台主体、左右裙架焊接而成,转台回转支承安装面非整体式加工,受左右群架焊接变形影响,回转支承安装面平面度数据波动较大,需要在回转支承安装面加工过程中进行焊接变形量补偿,实现转台回转支承安装面补偿量和焊接变形量的相互抵消,提升转台回转支承安装面的平面度。

表1 低碳合金钢化学成分(质量分数,%)

材料	C	Si	Mn	P	Ni	Cr	Cu
Q345B	0.12	0.3	1.4	0.03	0.03	0.2	0.1

试验前需严格控制下料件的尺寸精度、焊接顺序、焊缝大小及焊接参数等,保证转台主体焊后尺寸精度;焊接后采用压力机进行严格矫形,大底板平面度需控制在1mm以内;矫形后采用卧式镗铣加工中心和标准面铣刀加工转台主体回转支承安装面;加工后采用三坐标测

量仪检测转台回转支承安装面的平面度。

3 试验过程与方法

选择Q345B材质和厚度25mm的试件进行焊接试验,通过模拟转台主体焊接过程,得到转台主体最优的焊接工艺。按照表2的焊接工艺参数焊接后,试件的变形量最小,平面度达到2mm以内。转台主体正式焊接前,需严格检验转台主体下料件的尺寸精度,下料精度控制在1mm以内,下料件不允许有磕碰、划伤等缺陷。采用 $\phi 1.2\text{mm}$ 的焊丝按表2的焊接工艺参数进行转台主体焊接,焊后静止24小时以上,并用压力机校验转台主体大底板平面度,平面度需控制在1mm以内。

表2 焊接工艺参数

基值电流 A	脉冲电流 A	脉冲频率 Hz/s	送丝速度 mm/s	焊接速度 mm/s	气体流量 L/min
300	360	1	50	4	15

采用专用加工工装对转台主体进行装夹,装夹过程中需保证大底板不产生装夹变形;采用卧式镗铣加工中心和标准 $\phi 100\text{mm}$ 面铣刀加工转台主体回转支承安装面,按照主轴转速650r/min、进给速度1000mm/min的切削参数,应用圆弧插补铣圆程序,每次铣面深度设为1mm,铣至回转支承安装面全部见光;采用转台专用拼点工装进行拼点定位,按照表2的焊接工艺参数,将转台主体与左右群架焊接为一整体,焊后静止24小时以上。

4 数据测量

测量前需要清理转台回转支承安装面的杂质、飞边、毛刺等,保证回转支承安装面表面足够清洁,并观察回转支承平面度是否发生受力变形,在无外力的情况下得到的平面度数据才更有价值。选择转台回转支承安装面变形量较小的三点为基准点,将回转支承安装面按照22.5°间隔划定测量位置,测量位置偏差范围控制在 $\pm 4^\circ$ 以内,按照划定的测量位置,采用三坐标测量仪测

表3 转台回转支承安装面平面度测量数据表

角度/°	48	69	84	95	112	125	138	156	174	186
数值/mm	-0.08	0.15	0.19	0.15	0.05	0	-0.22	-0.52	-0.92	-1.08
角度/°	204	223	238	254	272	304	316	332	354	/
数值/mm	-1.26	-0.69	-0.03	-0.22	-0.62	-1.16	-1.18	-1.34	-1.48	/

量转台回转支承安装面的平面度数据，每一测量位置测量三次，保证测量值偏差在0.03mm以内，回转支承安装面平面度测量数据如上表3。

图1为转台回转支承安装面焊接变形量变化趋势，由图可知该焊接变形量呈均匀递增和递减趋势。该焊接变形量可在回转支承安装面加工工序中进行预补偿，预补偿量与焊接变形量能够相互抵消，最终实现转台回转支承安装面的平面度的大幅提升。

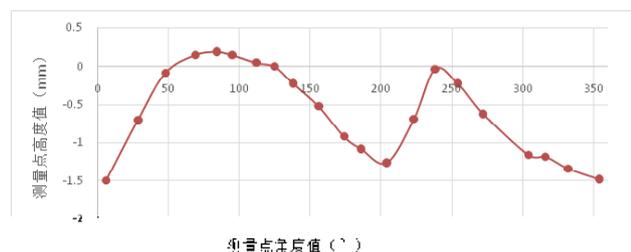


图1 回转支承安装面焊接变形量变化趋势

5 “波浪铣”加工程序设计

根据转台回转支承安装面平面度的变化趋势，得出平面度变化最大和最小位置，并拟合出平面度补偿变化曲线。通过编制回转支承安装面多刀路三维铣圆程序，将焊接变形量补偿至回转支承安装面加工程序中，实现焊接变形预补偿量和焊接变形量的相互抵消，达到提升挖掘机转台回转支承安装面平面度的目标，“波浪铣”加工程序如下表4。

表4 “波浪铣”加工程序

程序段	程序内容
N10	M3 S1000 F1400
N20	G90 G3 X808 Y84.2 R808 Z-0.21 F1000
N30	G90 G3 X808 Y195 R808 Z0.96 F1000
N40	G90 G3 X808 Y238.5 R808 Z0.02 F1000
N50	G90 G3 X808 Y6.1 R808 Z1.46 F1000
N60	G90 G3 X808 Y84.2 R808 Z-0.21 F1000
N70	G90 G3 X808 Y95 R808 Z2 F1000

6 试验结果

通过开展基于反变形控制的“波浪铣”加工工艺研究，研究转台回转支承安装面平面度波动规律，编制多刀路三维铣圆程序，将焊接变形量补偿至加工程序中，实现转台焊后变形量与补偿量的相互抵消，反复优化波浪铣加工程序，并进行50台套批量验证，挖掘机转台回转支承安装面平面度由1.0mm缩减至0.6mm以内，大幅度提高了转台回转支承安装面平面度精度，同时避免了因回转支承平面度超差造成的二次返修加工，提升挖掘机转台的可靠性和挖掘机回转支承使用寿命，降低了挖掘机生产制造成本。

7 结束语

针对不同类型挖掘机结构件转台，需根据转台结构特点、焊接工艺、下料精度等，设计挖掘机转台回转支承安装面专用的“波浪铣”加工工艺，实现转台回转支承焊接变形量预补偿量和焊接变形量的相互抵消，提升挖掘机转台回装支承安装面平面度。波浪铣加工工艺能够有效提升挖掘机转台回转支承安装面平面度，使得回转支承安装面平面度达到0.6mm以内，提高挖掘机的可靠性和使用寿命，提升挖掘机市场竞争力。

参考文献：

- [1]陈宏钧，张建龙，王学汉，等.实用机械加工工艺手册（第4版）.2016
- [2]周虹，喻丕珠，罗友兰，等.数控加工工艺设计与程序编制（第3版）.2016
- [3]周文军，张能武，等.焊接工艺实用手册.2020
- [4]刘胜新，路王珂、于根杰、王成铎，等.金属材料力学性能手册（第2版）.2018
- [5]彭林中，张宏，等.机械切削工艺参数速查手册.2010
- [6]成大先，等.机械设计手册.2016