

Transflex多主轴加工中心在复合加工领域的应用

■ 山东新安凯科技科技有限公司 (济南 256200) 韩小鹏

摘要：本文通过对Transflex多主轴加工中心加工麦格纳缸壳实例的研究，对其切削性能和工艺参数进行了详细的介绍和分析。

1. Transflex柔性制造系统

Transflex为我公司与瑞典MODIG公司合作开发设计的一款新型的由多主轴加工中心构成的柔性制造系统。Transflex拥有完美的自适应能力，其将工作单元和输送线融为一体，具有零换刀时间、多主轴高速加工和配以直线电动机驱动等优势。由于机床具有多进给轴、多动力主轴的联动插补功能，因此能够对汽车、航空等领域加工精度要求高、表面粗糙度质量要求好、轮廓形状复杂、多面多孔的零件，进行铣削、插补铣、钻孔、镗孔、铣螺紋及攻螺紋等多种工序的高效复合加工。Transflex在复合加工方面的卓越表现主要源自于以下核心技术。

(1) 极高的生产效率和适应性：由于使用了无换刀时间等技术，所以设备运行中非加工时间被有效地降低，从而实现了高生产率。由于所有的主轴都有自己的刀库系统，所以每个主轴都可以满足不同加工方式的要求，实

现了良好的适应性。通过快速锁紧定位装置将夹具定位，降低了工件夹具的换位时间。

(2) 无换刀时间：在另一根主轴运行的同时，设备在后台完成换刀。在进入加工位置之前，主轴已达到所要求的速度。基于此原则，主轴加速、减速和换刀时间将从循环时间中扣除。

(3) 优化的多主轴系统：根据应用条件和客户要求来确定主轴的数量，最多可以安装10根主轴。针对所有主轴的用途，对其进行优化。主轴的加工范围包括攻螺紋、钻削、磨削、激光、铣削以及强力加工等。

(4) 无工件重复夹紧：TransFlex 可以安装最多10个卧式或者立式主轴，同时配以最多可达5轴的工件定位系统，从而能够在大多数情况下，完成单个工件的多面加工。

(5) 突出的动态性能，配以直线电动机。TransFlex具有高速度和高加速度，通过在X、Y和Z向上使用直线电动机，能够实现

非常高的插补和定位公差。

(6) 辅助时间短，设备可自动完成夹具的更换，同时可以在数秒内完成主轴上的整个刀盘更换，还可根据生产要求来确定每个刀盘上的刀具数量。

Transflex柔性制造系统机床整体外形和加工局部区域如图1、图2所示，主要适用于航空航天、



图1 机床整体外形



图2 机床局部加工区域

军工及汽车等行业中小到中等规格的箱体类、壳体类及缸盖类等零件的加工。

2. HOUSING零件加工方案

以 M A G N A 公 司 L G 的 HOUSING零件为例，将整个加工及工艺过程详述如下。

麦格纳缸壳规格为239mm×193mm×198mm，材料AlSi9Cu3，加工部位有零件A基准面、G面、A'面、G'面和D面，其三维示意如图3所示。

工件以三等高基础面（X1、X2、X3）和两锥孔（2个R1）定位液压夹紧，机床带第四轴回转，夹具如图4所示。

主轴选择及刀具分布如表1所示，8个独立主轴单元及其刀库按照工艺最优化的原则被排列在加工区域的两侧。

加工部位及其工艺节拍如下：

（1）A基准面。加工工步有铣平面、钻孔、铰孔、镗孔及攻螺纹等，加工部位如图5～图7所示，机加节拍如表2所示，得到A基准面切削时间为45.01s。

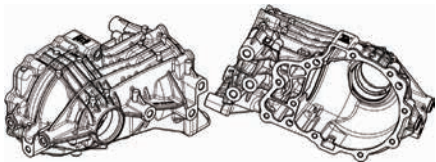


图 3

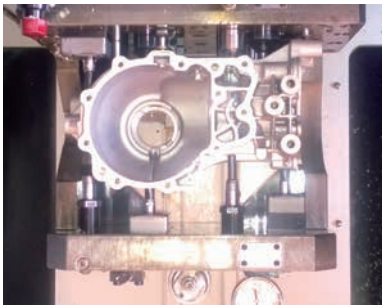


图 4

（2）G基准面。加工工步有铣平面、铣环槽、钻孔、扩孔、镗孔、背镗及攻螺纹等，加工部位如图8～图10所示，机加节拍如

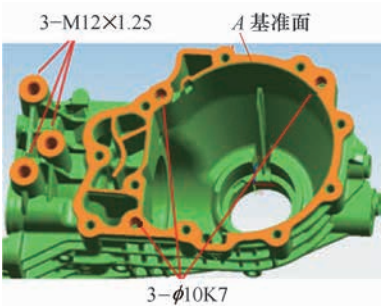


图 5

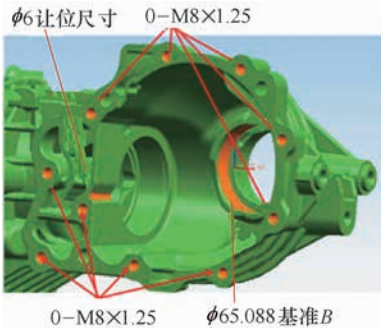


图 6

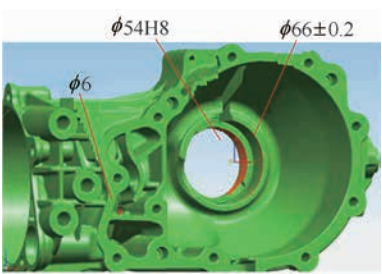


图 7



图 8

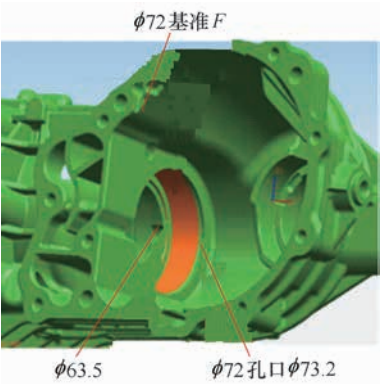


图 9

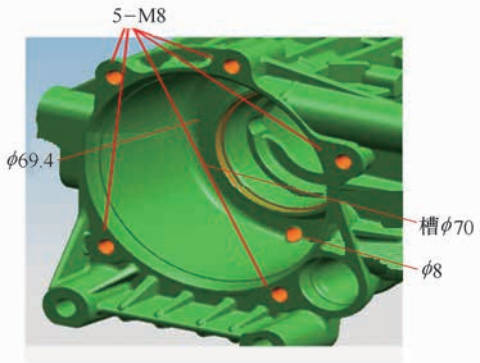


图 10

表 1

主轴	主轴型式及 转速/ (r·min ⁻¹)	动力部件	装载刀具
1	卧式 6 000	镗削头3	T15/T17/T19/T21/T23
2	立式 6 000	镗削头1	T43
3	卧轴15 000	钻铣头1	T2/T9/T11/T13/T18/T25
4	卧式 6 000	镗削头2	T3/T16/T20/T22/T24
5	卧式 15 000	钻铣头2	T14/T26/T27/T28/T29/T30
6	立式 12 000	钻削头	T32/T33
7	卧式 6 000	镗削头1	T1/T4/T5/T6/T7/T8
8	卧式 6 000	丝锥头	T10/T12/T31

表3所示,得到G基准面切削时间为42.87s。

(3) A基准面背面——A' 基准面。加工工步有铣平面、复合钻孔及攻螺纹等,加工部位如图11所示,机加节拍如表4

表 2

刀号 T	加工工序	刀具平均直径 /mm	表面切削速度 / (m·min ⁻¹)	主轴转速 / (r·min ⁻¹)	进给速度 / (mm·min ⁻¹)	加工长度 /mm	切削时间 /s
1	铣各平面 φ 80mm	80	1 200	4 775	4 297	500	6.981
2	钻孔 φ 9.8mm	9.8	350	11 369	3 411	45	0.792
3	铰孔 φ 10mm	10	100	3 183	318	42	7.917
4	粗镗孔 φ 64.5 ~ φ 66mm	65	500	2 449	612	25	2.450
5	精镗孔 φ 65.088mm	65	600	2 938	441	25	3.403
6	粗镗孔 φ 53.5mm	53.5	500	2 975	744	25	2.017
7	精镗孔 φ 54mm	54	600	3 537	531	20	2.262
8	半精镗孔 φ 57mm	57	600	3 351	838	6	0.430
9	钻孔 φ 6.8mm	6.8	300	14 043	3 511	290	4.956
10	攻螺纹 M8 × 1.25mm	8	60	2 387	2 984	480	9.651
11	钻孔 φ 10.8mm	10.8	350	10 316	3 095	93	1.803
12	攻螺纹 M12 × 1.25mm	12	60	1 592	1 989	162	4.886
13	钻孔 φ 6mm	6	250	13 263	3 316	25	0.452

表 3

刀号 T	加工工序	刀具平均直径 /mm	表面切削速度 / (m·min ⁻¹)	主轴转速 / (r·min ⁻¹)	进给速度 / (mm·min ⁻¹)	加工长度 /mm	切削时间 /s
14	铣各平面 φ 20mm	20	850	13 529	4 059	690	10.201
15	粗镗孔 φ 120.5mm	120	500	1 326	332	8	1.448
16	精镗孔 φ 121mm	121	600	1 578	237	8	2.027
17	粗镗孔 φ 64.5 ~ φ 69.4mm	67	500	2 376	594	18	1.819
18	铣环槽 R335.15 ~ R335.25mm	25	600	7 640	1 146	160	8.377
5	精镗孔 φ 65.088mm	65	600	2 938	441	16	2.178
19	扩孔镗 φ 71.5mm	71.5	500	2 226	557	22	2.372
20	精镗孔 φ 72g9	72	600	2 653	663	21	1.900
21	扩孔镗 φ 63.5mm	63.5	500	2 506	627	6	0.575
22	扩孔镗 φ 71 ~ φ 73.2mm	72	500	2 211	553	4	0.434
23	扩孔镗 φ 30c30	30	500	5 305	1 326	9.5	0.430
24	精镗 φ 30 ~ φ 40mm	30	600	6 366	955	9	0.565
25	钻孔 φ 8mm	8	350	13 926	3 899	140	2.154
9	钻孔 φ 6.8mm	6.8	300	14 043	3 511	150	2.563
10	攻螺纹 M8	8	60	2 387	2 984	290	5.831

所示,得到A'基准面切削时间为11.93s。

(4) G基准面背面——G'基准面。加工工步有铣平面、套车、钻孔及攻螺纹等,加工部位如图12所示,机加节拍如表5所示,得到G'基准面切削时间为6.98s。

(5) D基准面。加工工步有铣平面、套车、钻孔及攻螺纹等,加工部位如图13所示,机加节拍如表6所示,得到D基准面切削时间为1.32s。

3. 零件加工时间分配及产能

加工时, Transflex能实现快速定位, 其主轴定位总时间是52.02s, 装卸工件时间是20s, 切削时间是111.3s, 则加工总时间为183.28s。



图 11



图 12

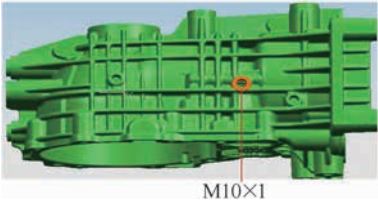


图 13

表 4

刀号T	加工工序	刀具平均直径/mm	表面切削速度/(m·min ⁻¹)	主轴转速/(r·min ⁻¹)	进给速度/(mm·min ⁻¹)	加工长度/mm	切削时间/s
14	铣各平面φ20mm	20	850	13 529	4 059	280	4.139
26	复合钻孔φ11.9C15	11.9	350	9 362	2 809	7.5	0.160
27	钻头φ4mm	4	180	14 324	2 149	5	0.140
11	钻孔φ10.8mm	10.8	350	10 316	3 095	84	1.629
12	攻螺纹M12×1.25mm	12	50	1 326	1 658	162	5.863

表 5

刀号T	加工工序	刀具平均直径/mm	表面切削速度/(m·min ⁻¹)	主轴转速/(r·min ⁻¹)	进给速度/(mm·min ⁻¹)	加工长度/mm	切削时间/s
14	铣平面φ20mm	20	850	13 529	4 059	150	2.218
28	粗套车φ19.5mm	19.5	600	9 794	2 449	5	0.123
29	精套车φ19mm	19	650	10 890	2 178	5	0.138
30	钻头φ8.8mm	8.8	350	12 660	3 545	70	1.185
31	丝锥M10×1.25mm	10	60	1 910	2 387	132	3.317

表 6

刀号T	加工工序	刀具平均直径/mm	表面切削速度/(m·min ⁻¹)	主轴转速/(r·min ⁻¹)	进给速度/(mm·min ⁻¹)	加工长度/mm	切削时间/s
32	铣各平面φ20mm	20	850	13 529	4 059	5	0.074
33	钻孔倒角φ9mm	9	350	12 379	3 095	27	0.523
34	丝锥M10×1mm	10	60	1 910	1 910	23	0.723

零件加工时间分配及产能（假定年产30万件）分别如表7、表8所示。

4. 结语

综上，2台Transflex设备即可完成年产30万件的任务，而且工件只需要一次装夹，在多道工序加工后的累计误差较小，明显提高了复杂工件的加工精度，减少了机床的台数和占地面积，简化了物料流，缩短了整个工艺流程，降低了工艺局限对产品设计的制约。

参考文献：

[1] 陈宏钧，方向明. 典型零件机械加工生产实例[M]. 北京：机械工业出版社，2010.

[2] 王先逵. 机械制造工艺学[M]. 北京：机械工业出版社，2003.

[3] 孟少农. 机械工艺手册[M]. 北京：机械工业出版社，2007.

[4] 闻邦椿. 机械设计手册[M]. 5版. 北京：机械工业出版社，2010.

表7 加工时间分配

名称	数值	所占比例（%）
运行总时间/s	183.28	—
切削加工总时间/s	111.30	60.71
主轴定位、背镗升降速总时间/s	52.02	28.38
装卸时间/s	20	10.91

表8 年产能

项目	数值
运行总时间/s	183.28
工件加工总时间/s	111.30
每年生产天数/天	240
生产率（%）	95%
每天的有效生产率（h/天）	21
每年的有效生产率（h/年）	5 040
所要求的年生产量/件	300 000
每天工件产量/件	645.3
每年工件产量/件	154 867.9
所需设备/台	1.9

MW（收稿日期：20160508）