

三维激光切割加工中若干问题探讨

■ 三菱电机自动化（中国）有限公司（上海 200336） 郭澄若 村井融

摘要：本文通过对三维五轴龙门激光加工机和加工机器人（机械手）激光加工机的特点比较，针对在高精度激光加工中经常遇到的加工头碰撞和三维形状的快速加工响应等方面的实际应用问题，阐述了三维五轴龙门激光加工机在钣金覆盖件高精度加工中的优势。

随着激光加工在现代制造业中地位的不断提升，多轴联动激光加工的应用越来越为人们所重视，特别是在汽车与航空制造工程领域，许多异形钣金工件需经过拉延、冲孔和修边等多道特殊工序进行加工。在这些工件的设计定型、试制检验以至批量生产中，如果拥有三维五轴激光加工机则会节省很多人力、物力和财力，无论从缩短研发周期、还是提高加工精度来看，三维五轴加工机都有着无可比拟的优势。本文以三菱电机的三维五轴激光加工机VZ系列为例，对三维激光切割中的几个问题进行探讨。

1. 三维五轴龙门式机床与机械手

目前在三维激光加工中存在两种激光加工机，一种是龙门结构，X、Y、Z三轴独立的三维五轴加工机，另一种是使用六关节机械手的激光加工机。由于前者相对价格较高，使许多客户望而却步，更多的客户则是不甚理解两者的本质区别。在此就其中两个问题略述其差异。

（1）加工范围与盲区。以ML3122VZ10（见图1）为例，其全行程（X：3 100mm，Y：2 200mm，Z：850mm）范围内完全没有加工盲区，并且用冲压成形模具所使用的数据，可直接导出并生成较为接近的切割或焊接程序进行加工。而六关节机械手（见图2）则存在较大的加工盲区（即最小半径以内无法加工），其实际三维空间的加工范围受到很大限制。



图1 三菱电机ML3122VZ10系列加工机



图2 六关节机械手

（2）加工精度。六关节机械手的各关节J1~J6，从机械手固定底座开始向加工头依次排开，显而易见这6个轴（关节）相互都不独立，精度误差会累积产生。即J1本身所产生的偏差会通过J2~J6被放大到加工头上。同样J2本身的偏差也会通过J3~J6被放大，依此类推。而龙门式五轴加工机则完全不同。图3示出了龙门式加工机除X、Y、Z轴之外的两个旋转轴（W，U），虽然这两个轴与机械手类似，但由于X、Y、Z轴是相互独立的，各轴

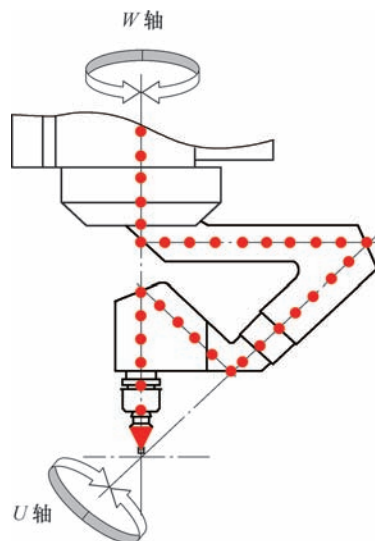


图3 龙门式加工机的W、U轴

的偏差不会被那样放大。显然精度（特别是动态轨迹的精度）及其可控性后者要高得多。

2. 加工头碰撞时的轴保护方式

激光加工所面对的三维工件，一般说来是金属板材经过拉伸冲压的成形件，由于金属板材在拉伸冲压后工件上残存的应力以及金属本身的弹性原因，成形工件与冲压模具的形状会有差异。即使同一模具用同样条件和工序冲压，因板材批次等原因得到的成形工件也有差异，其变形误差控制是非常困难的。因此，使用以三维设计作为依据而形成的离线加工程序往往不能直接进行加工。大都需要按照实际冲压出来的工件，对加工轨迹以及加工头的空间姿态实施修正，以保证加工品质和最小限度的加工头碰撞的产生。即使事前采取这样的措施，在实际加工中还是会因工件的应力在热加工时的释放产生变形，发生加工头碰撞等情况。为此三菱电机设计了双重保险的防撞机构——弹簧和剪切销机构。如图4所示，不太强烈的碰撞由加工头的内置弹簧来抵消撞击，恢复时只需扶正加工头前端即可；强烈碰撞则会使剪切销断裂，使前端与加工头分离，恢复时更换剪切销。图5所示为加工时碰撞的情形。

3. 快速应对工件形状起伏的H轴

被加工的三维工件表面起伏频繁且幅度也大小不一，为了提高加工行进中的快速仿形速度（尽可能少的启动各轴的伺服电

动机），三菱电机设计了辅助轴（称为H轴）机构，利用H轴的伸缩来对应 $\pm 10\text{mm}$ 以内的起伏，而无需启动X、Y、Z轴的伺服电机来修正加工喷嘴与工件间的相对位置，极大地提高了加工效率和加工质量。图6所示为Z轴伺服未启动、仅依靠H轴来对应起伏的情形。图7所示为三菱三维加工机的实际加工情形。

4. 结语

本文叙述了在三维工件的激光切割加工中常见的几个问题，以及三菱电机龙门式三维五轴激光加工机在解决这些问题时的思考及对策。随着科技进步、制造

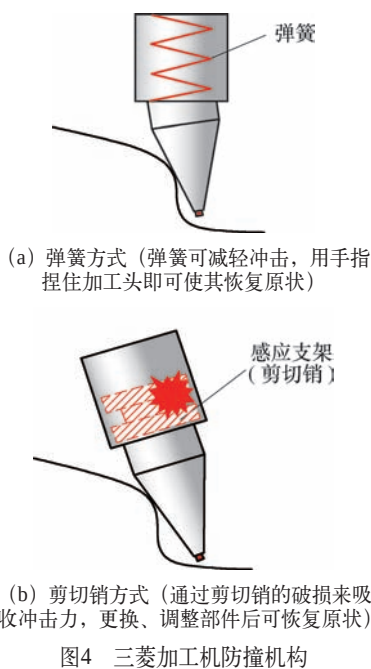


图4 三菱加工机防撞机构



图5 加工头碰撞

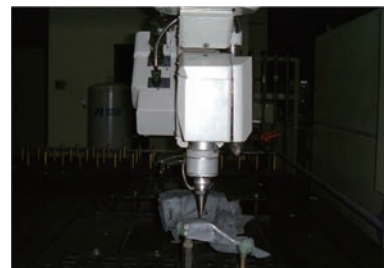


(a)



(b)

图6 辅助轴H轴动作



(a)



(b)

图7 加工时的状态

MW (收稿日期: 20160913)