

文章编号: 0258-7025(2003)03-0279-03

激光加工六轴机械手离线编程技术

陈继民, 王颖娜, 左铁钊

(北京工业大学激光工程研究院, 北京 100022)

摘要 针对激光加工中六轴机械手在线示教编程效率低的问题, 提出了进行离线编程的方法, 并介绍了激光加工六轴机械手离线编程技术开发的实现步骤。通过离线编程能极大地提高激光加工效率, 方便用户的使用。

关键词 机器人控制; 六轴机械手; 离线编程; 激光加工

中图分类号 TG 665 **文献标识码** A

Development of Six-axis Robot Off-line Programming in Laser Processing

CHEN Ji-min, WANG Yin-na, ZUO Tie-chuan

(Institute of Laser Engineering, Beijing Polytechnic University, Beijing 100022, China)

Abstract In laser processing, in order to solve the low efficient problems about in-line programming of six-axis robot, the method of off-line programming has been put forward, and a detailed approach is presented. Off-line programming can greatly enhance efficiency and facilitate the users.

Key words robot controlling; six-axis robot; off-line programming; laser processing

1 引言

在现代制造业中, 激光加工的应用日益广泛, 特别是在激光三维加工中, 越来越多地采用激光与机械手相结合组成的柔性激光加工系统, 进行如激光切割、激光焊接、激光快速成型等工作(如图1)。采用机械手进行激光加工时, 有两种编程方法, 一种是在线示教编程, 一种是离线自动编程^[1,2], 目前主要采用在线编程。

在线编程是操作者通过操纵示教盒, 移动机械手到指定位置的示教点, 此时机械手的控制系统记录下当时位置参数, 速度参数和一些其他的相关参数, 并且自动生成相应的移动指令, 在所有的示教点都示教完毕后, 生成整个的程序, 用户可回放执行。在线编程期间, 机械手不能用于加工工件, 加工的质量密切依赖于操作者所取每个示教点的精度。由于每个示教点都是通过操作者的视觉来决定的, 这样每个点的精度, 就不能准确地控制, 无法保证加工工

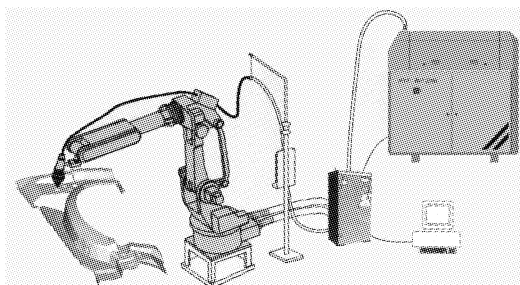


图1 机械手激光柔性加工系统

Fig. 1 Laser flexible processing system of robotic laser

件的质量; 并且对于加工轨迹复杂的工件来说, 通过在线编程的方式提取加工轨迹是一件非常费力、费时的工作, 工作量大, 且容易出错, 尤其是对于一些复杂操作, 如快速成型, 通过在线编程的方式是根本不可能实现的; 另外, 对于不同加工轨迹的工件, 就要重新取示教点, 这也造成了各种资源极大的浪费。可以说, 对于激光加工而言, 在线编程的方式已成为限制激光加工效率提高的瓶颈。离线编程允许用户

收稿日期: 2002-01-14; 收到修改稿日期: 2002-03-06

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G2000067205)和北京市自然科学基金(编号: 2011002)重点项目。

作者简介: 陈继民(1965—), 男, 广东普宁人, 北京工业大学激光工程研究院副教授, 在站博士后, 主要从事激光三维加工与激光快速成型的研究。

在执行当前工作的同时,编制自己的应用程序,这样就可以在系统启动后,将程序输入系统自动运行。针对上述问题,开发了面向激光加工的六轴机械手离线编程系统。

2 六轴机械手离线编程系统

2.1 硬件的配置情况

采用首钢莫托曼的 SK16 型机械手,它的机械结构为 6 自由度垂直多关节型,载荷重量为 16 kg,夹持激光头。工作半径为 1555 mm,定位精度为 $-0.1\text{ mm} \sim +0.1\text{ mm}$ 。激光器是 HASS 公司的 1000 W YAG 激光器,通过光纤与激光头相连,从而实现激光与机械手配合使用,实现多种加工。机械手的控制器型号为 XRC,使用其 RS-232 标准串行口与计算机的标准串行口进行通信,可实现机械

手控制器和计算机之间的数据传输和互换。系统组成示意图如图 2 所示。

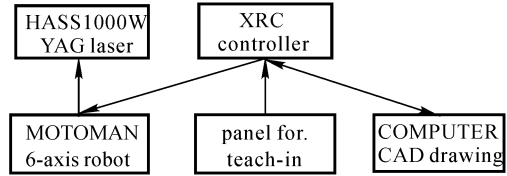


图 2 六轴机械手激光加工系统

Fig. 2 Six-axis robotic laser processing system

2.2 离线编程的实现步骤

在上述硬件和一些软件(如 AutoCAD2000 MOTOCOM32 等)的基础上,开发了面向激光加工的六轴机械手离线编程系统。图 3 为具体实现流程。

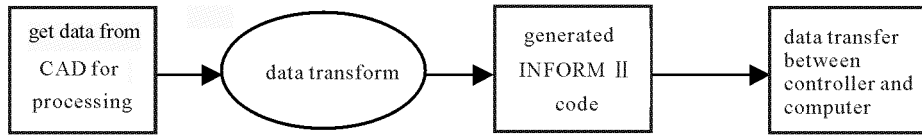


图 3 激光加工机器人离线编程

Fig. 3 Off-line programming of robotic laser system

2.3 建立 CAD 模型并提取加工轨迹数据

首先要根据加工产品的要求设计出三维模型,这部分工作可在 AutoCAD 中完成,采用边界表示法(B-rep)构造三维模型实体,它是根据顶点、边、面构成的表面来精确地描述三维模型实体。ARX 是一种基于 DLL 编译型应用编程环境,在 ARX 开发环境下,利用 AcBr 这个边界表示库,通过创建和询问穿越器(traversers)去遍历实体,从而提取激光加工轨迹数据信息,并把这些原始数据保存在用户自定义的文件中^[3]。

2.4 数据转换

由于从 CAD 中提取出的原始数据所在的坐标系和机械手加工时所用的坐标系并不完全一致,需要进行数据间的转换,即将屏幕坐标系下的数据转换为实际坐标系下的数据。在转换过程中,首先找出两个坐标系之间的对应关系,然后写出其转换函数。通过这个转换函数,每输入一组屏幕坐标值,就能得到一组实际加工坐标系下的坐标值,然后将这些坐标值保存在用户自己定义的文件中。用户可根据个人需要定义自己的用户坐标系(UCS),然后把在从 CAD 模型中提取的加工轨迹转换为在某一个

特定 UCS 中的一系列顺序点,送入数据文件中。最后,将此转换函数插入到应用程序的一个公用模块中,以后就可以在该应用程序中像使用系统函数一样使用了。

2.5 自动生成 INFORM II 程序代码

利用 AutoCAD 的二次开发工具 Visual LISP 编程直接生成机械手要求的 .jbi 格式文件和其他各种格式文件。Visual LISP 是一个可视化的 LISP 语言开发环境,它是 AutoLISP 语言的扩展和延伸。基于 ObjectARX 技术的 Visual LISP,提供了一组性能优越的面向对象的开发工具集。该模块和其他 ARX 程序一样,可以在 AutoCAD 环境中按需调入,具有即插即用的模块特征。根据已知要转换的机械手数据格式和加工工艺(如开光、关光与激光功率)的要求,将加工轨迹数据从数据文件中读出来,送入位置变量(position variable)中,同时设置其他各种变量,编制程序,自动生成 INFORM II 的源程序代码,用于控制机械手的运动。

2.6 实现计算机和机械手控制器之间的通信

此项工作的完成,需利用机械手和计算机之间的通信软件 MOTCOM32 的功能,将生成的

INFORM II 的源程序代码传入机械手的控制器中。利用其中的两个模块:

1) Auto Job Changer 32。当用户的应用程序非常复杂,程序量超出了机械手的内存存贮范围时,可以将此应用程序分为几个小程序(≤ 5 个程序),然后,根据程序运行的需要,将各个子程序在计算机和机械手的控制器之间,进行上传或下载,这样就可以解决机械手的内存容量不大的问题。

2) High Speed Job Exchanger。在这一模块中,可对计算机中的程序和机械手控制器中的程序,进行各种传输工作。如将计算机中的程序复制,移动到机械手控制器中,反之,也可以将机械手控制器中的程序复制,移动到计算机中。保存在计算机中的程序,可以随时打开,在计算机上进行十分方便的编辑修改。这样就可以把通过在线编程方式生成的程序,从机械手控制器的内存中传到计算机中,对它进行重新修改。用这种方式修改程序,摆脱了使用示教盒在线编程的缺陷。

3 结 论

介绍了面向激光加工的六轴机械手离线编程技术,对于任意形状的加工工件,用户都可以直接从其 CAD 模型中提取加工轨迹数据,然后进行离线编程,通过机械手激光加工系统实现,图 4 为机械手激光快速成型自动编程应用一例。开发机械手的离线编程系统,主要有以下特点:

1) 用户不必用在线编程的方式加工,通过离线编程,大大提高了激光加工的效率;

2) 解决了对复杂工件的加工编程问题;

3) 对于不同的加工轨迹,程序的通用性强;

4) 程序采用文本形式,编辑和修改较为方便。

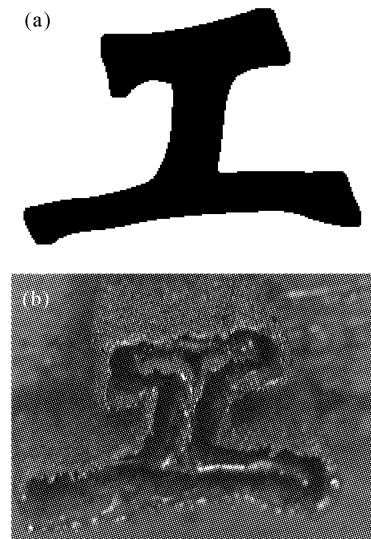


图 4 (a) 计算机设计图形;(b) 实际加工成型

Fig. 4 (a) Computer designed drawing;

(b) Actual processed shape

参 考 文 献

- 1 Ding Han, Off-line trajectory planning system of robot based on personal computer [J]. *Robot (机器人)*, 1990, **12**(2):14~18 (in Chinese)
- 2 Tuna Balkan. Proweld: an off-line welding robot programming package with an interactive graphical interface [J]. *Int. J. of Materials and Product Technology*, 1997, **12**(4):364~371
- 3 Chen Jimin, Xiao Rongshi, Bao Yong *et al.*. Development of laser processing software based on Auto CAD [J]. *Applied Laser (应用激光)*, 2000, **20**(2):50~52 (in Chinese)