

doi:10.13436/j.mkjx.201810053

前瞻拟合速度优化技术在激光切割中的应用*

丁 伟¹, 吴德林²

(1. 广西科技大学 鹿山学院, 广西 柳州 545616; 2. 江苏海德威激光发展有限公司, 江苏 淮安 223100)

摘 要: 针对平面激光切割机床在进行连续线段切割运动时,因速度的频繁变化,要求激光发射强度同时进行良好地匹配,但由于激光强度的改变有一定的滞后,很难理想化。本文提出自适应前瞻拟合速度优化技术,在确保运动平稳的同时,尽可能地减少连续线段在运动中的速度变化。通过对切割文件的数据优化处理,加注图形属性,将该技术应用在平面激光切割机床上,效果显著。

关键词: 激光切割; 连续线段; 自适应; 前瞻拟合; 速度优化

中图分类号: TG485 **文献标志码:** B **文章编号:** 1003 - 0794(2018)10 - 0154 - 03

Application of Prospective Fitting Speed Optimization Technology in Laser Cutting

Ding Wei¹, Wu Deling²

(1. Lushan College of Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou 545616, China; Jiangsu Haidewei Laser Technology Co., Ltd., Huaian 223100, China)

Abstract: For planar laser cutting machine in continuous line cutting motion, because of the speed change frequently, requirement of laser intensity and good matching, but due to changes in the intensity of the laser has a certain lag, it is difficult to idealize. The adaptive prospective fitting speed optimization technique is proposed to minimize the velocity change of continuous line segment in motion while ensuring stable motion. By optimizing the data processing of cutting documents and adding graphics attributes, this technology is applied to the planar laser cutting machine tool with remarkable effect.

Key words: laser cutting; continuous line segment; adaptive; prospective fitting; speed optimization

0 引言

激光切割由于有切割速度高、热影响小、切缝窄等优点,已被广泛应用于机械制造、化工、石油和冶金等行业,成为激光加工领域最重要的一项应用技术。在平面两坐标激光切割机床的运动控制中,为了减少机械冲击,任何一段独立的线段,在起始和中止阶段,都存在由零加速到运行速度和由运行速度减速到零的过程,线段越短或越多,这个过程的重复频率就越高。而在激光功率不变的情况下,切缝宽度随着切割速度的增加而减小,为了保证激光的切割质量,必需随着运动的快慢,匹配激光的发射功率,在被切割工件上要求单位时间内任何 1 个被切割的微小线段断面上的激光强度的积分相等,但激光器的激光强度的改变有一定的滞后,这种滞后带来的相对影响随着运动加速度的增加而增加,在整个切割过程中激光强度的积分并不相等,导致切割质量不佳。所以在速度频繁变化中,要求激光发射强度进行良好地匹配,很难理想化。本文提出了非常简单的自适应前瞻拟合处理技术,通过速度优化有效提高切割质量。

1 自适应前瞻拟合技术的特点

为了改善切割质量,传统的方法,都是采用前馈处理技术,来消除小线段之间运动开始段和运动结束段由于电机的正负加速度造成的速度不连贯性。在开放式数控系统中(PC 机+运动控制卡+电机驱动),所有的运动控制卡几乎都在运动控制功能上提供对小线段的前馈处理功能,或多或少的为使用者提供了一系列的前馈处理算法。如 TIRO 运动控制卡,为连续线段提供了 1 个连续线段的缓冲区,事先将连贯的线段压入缓冲器,然后在运行时进行处理,缓冲区不同于堆栈,而是按先进先出的原则,每插补 1 段小线段,就检测 1 次缓冲区,直到缓冲区为空,才调用减速控制,否则都为匀速运行。由于缓冲区大小有限,采用了不断压入的办法处理,直到完全处理完。但有时计算机装载数据不及时,会导致缓冲区被误判为空,对加工造成影响。

自适应前瞻拟合处理技术与前馈处理技术不同,有以下特点:在速度拟合的算法上非常简单;可以用于任何 1 种运动控制器;对运动控制器没有太高的要求,构成的成本较低;在切割进行中,根据切割文件中所表明的线段属性,提前进行速度规划,没有缓冲区的概念和设置,因此不受缓冲区大小的影响,也不存在频繁对缓冲区进行操作的过程。

*2016 年度广西壮族自治区中青年教师基础能力提升项目(KY2016YB841)

2 基本原理

对于1条由若干小线段组成的连贯曲线,在小线段头尾相接时,不断地进行加速、减速、而在减速和加速之间,必然会出现短暂的停顿,这种停顿不论是对激光切割或机械加工都会给工件造成负面的影响。既然加速过程是为了克服机械静止惯量,那么对1组连续的小线段来讲,系统的物理速度已经起来了,静止惯性已被克服,在从1条线段进入另1条连贯的线段时,就没有必要将速度减下来再加速,而可以让它继续保持同样的速度进入下1条线段,迈过减速、加速过程,直到最后1条连续线段走完为止。只是在退出最后1条线段时,调入减速过程,以保证运动停止时的定位精度。但这样处理还只是涉及到问题的一部分,其所以存在小线段,是因为图形出现了转角或圆弧,如尖角或小半径的圆弧。尖角造成运动的突然转向(矢量突变),小的回转半径造成的巨大的角速度变化,都会对运动造成巨大地冲击。因此,利用相邻两线段间的矢量转角,并采取一些经验系数对加速度进行模糊的前瞻性处理,可以最大限度地减小切割过程中运动速度的变化。

以采用雷塞DMC3400运动控制卡控制的平面激光切割机为例,对不同转角的相邻线段切割,通过改变加速度值,得到了满足最佳切割质量时,加速度变化量与矢量转角的关系,如图1所示。可以看出:当矢量转角 $\theta \leq 20^\circ$,可以不添加任何加速减速过程;当矢量转角 $\theta > 90^\circ$,由于矢量突变较大,为了减少冲击,则保留原始加减速度 a 不变;当矢量转角 $20^\circ < \theta \leq 90^\circ$ 时,则需修正加减速度。这样既要消除小线段之间的频繁加减速过程,又能在达到一定转角时产生必要的速度变化,以确保小线段运行的连贯性和减低急速转向时的机械冲击。

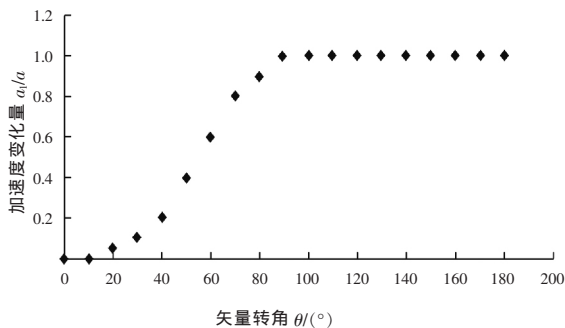


图1 加速度变化量与矢量转角的关系

a , 原始加减速度值 a_i , 实际加减速度值

接下来针对矢量转角 $20^\circ < \theta \leq 90^\circ$ 时,可以得到如图2所示的实际加减速度变化拟合曲线。

假设激光强度恒定不变,当切割瞬时速度高时,激光束相对工件作用时间短,激光强度的积分小,切缝较窄,反之,则切缝较宽。如图3所示,明显看出

没有经过前瞻处理的小线段不断地加速减速使运动变得极为不连贯,导致切缝宽度不均匀。而经过前瞻处理后,瞬时速度较稳定,切缝也均匀,尤其对于连续的光滑曲线,由于其细分后的相邻小线段间矢量转角较小,不添加加、减速过程,在整个切割过程中除首尾两端激光强度的积分较大,其他地方激光强度的积分基本相等,切割质量得到优化。实验表明,通过前瞻性处理得到的加速度变化拟合曲线会随着运动控制卡的不同而改变,不具有通用性,是建立在实验基础上的定性处理。

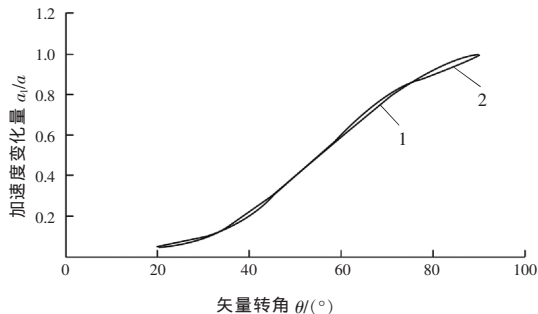
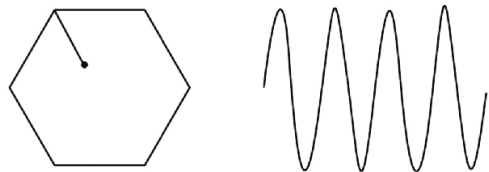
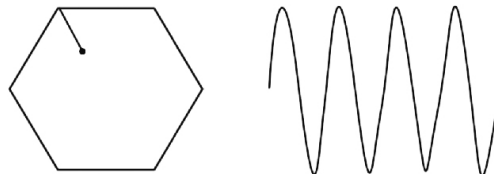


图2 加速度变化曲线

1. a_i/a 2. 拟合曲线



(a) 没有采用前瞻处理的切缝



(b) 经过前瞻处理后的切缝

图3 速度优化前后的切缝对比

3 前瞻处理方法的实现

解析出1个切割工件图形中的连贯曲线、定义出曲线的始末线段,计算出相邻线段的矢量夹角,是能付诸实践的关键。切割文件的数据处理转换为激光切割机床的运动指令文件,这个过程在计算机上几乎不占用较大的资源和较多的时间(数秒钟内即可自动完成),所以可以在机床控制系统在线处理,包括提取并优化切割源文件定义线段属性和优化加减速度完成切割加工2个部分。

如图4所示,切割文件处理看起来文件有些繁琐,但经过长时间的操作运行,文件的转换是高效而可靠的。1个具有500段独立线段的文件,从调入机床控制系统,到转换成可操作的切割文件不到5s,所

以完全不用离线处理文件。这种给加工文件加注图形属性的方法,是具有前瞻的一种工艺手段。通过设置不同的字符串表示图形的属性,这些属性包括:冲孔点、首线段、末线段、中间段直线、圆弧、独立圆以及结束符等。

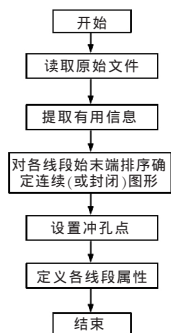


图4 提取并优化切割源文件定义线段属性

当机床控制系统读到字符串时就可以知道下一步的机床运动取向,从而按照设定的工艺流程和要求来控制机床的运动轴,其控制流程如图5所示。例如:字符串 CKT 表示是一条封闭曲线的冲孔点,它是以绝对坐标来表示,隐含了开启激光、启动跟随等一系列操作;字符串 FLT 表示封闭图形中第1条线段的激光切入点;当读入字符串 FT/FA 后,系统知道这是1条封闭曲线中的非首、尾线段或圆弧,要求采用本文所涉及的前瞻拟合处理;当系统读到字符串 NDA 或 NDT 时,表示这是1条封闭曲线的末线段,除了在线头采用前瞻拟合处理外,在线尾必须调用正常的减速过程,以确保运行的定位精度;当读到 CT 时表示1个独立图形的结束,隐含了紧跟其后的关光、关气、抬刀运行到下1个绝对坐标点的指令。

4 结语

切割程序对最终的切割文件,采取逐条解释,立即执行的方法。在运动过程开始前,事先定义封闭曲线各连续线段的属性,是得以实现前瞻速度拟合优化的前提,而在运动过程中,通过读取当前及下一线段的属性,并对其采取优化拟合,是真正实现自适应线段前瞻性优化拟合的保证。在这项研究中,采用了一些经验的、模糊的概念,是建立在实验基础上的一种定性处理。

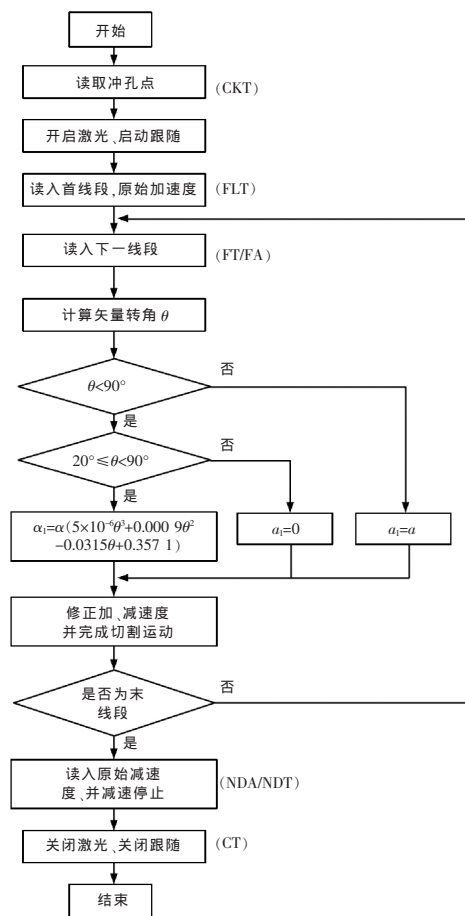


图5 优化加减速速度完成切割加工

参考文献:

- [1]冯巧波,赵旺初. 304 不锈钢激光切割加工表面质量的研究[J]. 煤炭技术, 2017,36(12):296-298.
- [2]王德仓,辛立军. 激光高速切割工艺对薄板切割质量的影响[J]. 热加工工艺, 2018,47(3):249-251.
- [3]张晖,彭玉海,侯红玲,等. LY12 铝合金激光吸收率的确定方法[J]. 煤矿机械, 2016,37(2):28-30.
- [4]姚令,吴楠,韩宪军,等. 光纤激光切割及其在精密加工中的应用展望[J]. 热加工工艺, 2018,47(7):11-15.
- [5]张宏,李富平. 基于 PC+运动控制卡的开放式数控系统的研究[J]. 机械设计与制造, 2008(6):171-172.
- [6]王桂英,李春伟,陈春晟. 基于 PMAC 的激光模切机数控系统设计[J]. 包装工程, 2009,30(2):49-51.
- [7]孙冬丽. 光纤激光切割不锈钢薄板工艺参数研究[J]. 机电信息, 2014(3):96-97.

作者简介: 丁伟(1971-)湖北武汉人,讲师,研究方向:数控技术、数控产品研发,电子信箱:dingwei901@163.com.

责任编辑:吕振明 收稿日期:2018-07-09