

一种可控分布 YAG 激光毛化机床数控系统

王红才, 杨明江

(中国科学院力学研究所激光毛化中心, 北京 100080)

摘要: 首先阐明了 YAG 激光毛化机床实现毛化微坑可控分布的重要性和原理, 然后从系统构成和控制软件两方面介绍了这一数控系统。该系统用一台工控机集中控制。

关键词: 工控机; 数控系统; 伺服; 激光毛化; 冷轧薄板

A Numerical Control System of Controllable Distribution on YAG Laser - texturing Equipment

WANG Hong-cai, YANG Ming-jiang

(Center for Laser - texturing Technology, Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: This paper elaborate on the subject of the importance and the principle of how to realize controllable texturing tiny pit distribution using YAG Laser - texturing Equipment. It is also presented the numerical control system from system composition and the control software. The system achieve the concentrative controlling by a industrial control computer.

Key words: IPC; NC system; Servo; Laser - texturing; cold rolled chin plate

1 概述

激光毛化是 80 年代末诞生的生产优质冷轧薄板的轧钢新技术。YAG 激光毛化机床是中国科学院力学研究所在 90 年代研究开发的冷轧辊激光加工设备, 该设备采用特殊调制的高重复频率、高能量密度的大功率 YAG 脉冲激光束作用于轧辊表面, 在辊面上产生无数一定形貌的强化微坑(毛化点)。这种表面有一定粗糙度的激光毛化轧辊可直接用于冷轧薄板(带)的轧制和平整。与传统的毛化轧辊技术相比, 激光毛化后轧辊辊面硬度高、毛化均匀、使用寿命长、粗糙度可控, 能有效提高轧辊速度, 并能克服薄板退火粘连现象。激光毛化板的板型优良, 深冲性好, 延伸率和涂镀性都大大提高, 是汽车、家用电器、电子和轻工业所需的优质板材。与传统毛化机床相比, YAG 激光毛化机床工作时无噪声、无污染, 并且运行费用低廉。与其他激光毛化机床相比, YAG 激光毛化机床体积小、价格低, YAG 毛化轧辊使用寿命长, 毛化工艺简单, 无需液氮冷冻和镀铬。在中国, YAG 激光毛化机床已经成功地应用于生产厚度为 0.05 ~ 1.2mm 的各类冷轧薄板、精密带钢和特种带钢。YAG 激光毛化技术与设备已获得 5 项专利。

为了在“九五”期间进一步发展和完善具有自主知识产权的 YAG 激光毛化技术, 国家和中科院专门立了项, 分别为“九五”国家重点科技攻关项目“冷轧薄板激光毛化”和

“九五”中国科学院重大项目“激光毛化技术的深度开发”。这两个项目的一个主要目标是开发汽车外覆件用激光毛化板, 此前这种毛化板几乎全靠进口。而要开发这种毛化板, 要解决的一个重要问题是毛化板的均匀度问题。原有的激光毛化机床的结构类似于普通车床。其工作过程是机床主轴电机驱动轧辊旋转, 同时驱动移动架上的激光头平移, 声光电源控制激光器发出固定频率的激光脉冲, 从而在轧辊上打出一条等螺距的由毛化点构成的螺旋线。利用这一方法打的冷轧辊表面的毛化点形貌如图 1a 所示。由图中可看出, 各圈之间的毛化点的分布没有规律, 基本上是随机的。实验表面毛化点随机分布的毛化板, 它的各个部位及其各个方向的性能有较大差异, 并且这种差异的分布也是随机的。毛化点的分布对毛化板的性能影响很大, 实现毛化点的可控分布对提高毛化板的均匀度有重要意义。本文着重介绍了这种具有可控分布的 YAG 激光毛化机床数控系统。

2 分布可控的原理

从图 1a 可以看出, 每一圈上的毛化点间距基本相等, 这是由于激光脉冲频率固定, 主轴转速基本恒定。由于声光电源(控制激光器)的控制与主轴旋转的控制是相互独立的, 没有实现同步控制, 而主轴转速稳速精度有限, 导致毛化点点距的误差, 在整条螺旋线上这一误差是累加的。由于机床主轴旋转和移动架移动不是无级调速, 无法实现毛化点圆周方向的间距(点距)和轴向间距(螺距)任意调节。

本文介绍的 YAG 激光毛化数控机床具有与机床主轴转速无级可调的两维数控车床相似的结构形式。通过在主轴同轴方向装一高精度高分辨率的增量编码器检测

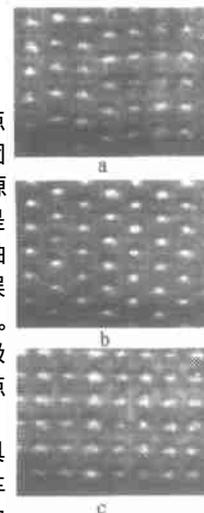


图 1 毛化点形貌图

注:该项目及设备在 1997 年获国家专利局和世界知识产权组织联合颁发的“中国专利发明创造金奖”;1996 ~ 1997 年获“八五”国家科技攻关重大科技成果奖和“八五”国家技术创新优秀项目奖。

收稿日期:2000-11-28。

基金项目:“九五”国家重点科技攻关计划项目(95-B11-01-01);“九五”中国科学院重大项目(KY951-A1-601)。

作者简介:王红才(1965-),男,浙江省东阳市人,高级工程师,工学硕士,主要从事光机电一体化成套装备及其自动化技术的研究。

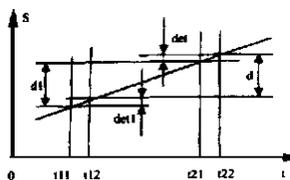


图 2 点距误差变化率计算示意图

轧辊位置，实现毛化点圆周方向的间距（点距）任意调节；通过用一套交流伺服系统纵向驱动移动架并以电子齿轮的方式控制其移动速度，实现毛化点轴向间距（螺距）任意调节。下面计算这种方案的点距误差变化率。

图 2 是点距误差变化率计算

示意图。

设 D ：轧辊直径

f ：频率

n_{max} ：最高转速

n_{min} ：最低转速

n ：设定转速

d ：实际点距

$d1$ ：检测点距

$d = |d - d1|$ ：点距误差

$= d/d$ ：点距误差变化率

$det1$ 、 $det2$ ：毛化点检测点的距离

v ：辊面线速度

v_{max} ：辊面最大线速度

v_{min} ：辊面最小线速度

$t11$ 、 $t21$ ：毛化检测时刻

$t12$ 、 $t22$ ：毛化时刻

假定毛化时刻延是恒定的，即

$$t = t12 - t11 = t22 - t21$$

$$\text{则 } det1 = \frac{t12}{t11} v d t$$

$$det2 = \frac{t22}{t21} v d t$$

$$d = |d - d1| = |det2 - det1|$$

$$= \frac{t12}{t11} v d t - \frac{t22}{t21} v d t$$

$$= |v1 - v2| t$$

式中， $v1$ 、 $v2$ 是平均速度。

$$= (v_{max} - v_{min}) \frac{v1 - v2}{v_{max} + v_{min}}$$

而 $v = D \times n / 60 = Dn / 60$

$$d = |v1 - v2| t = t (n_{max} - n_{min}) D / 60$$

由于毛化时没有切削力，主轴电机的负载基本上是恒惯性负载。主轴电机用变频器控制，采用无传感器矢量控制方式，其转速变化率可控制在 1% 之内。

可假设 $n_{max} = 100.5\% n_{ed}$ ， $n_{min} = 99.5\% n$

则 $n_{max} - n_{min} = 1\% n$

$$d = 1\% t n D / 60$$

$$n = 60 df / (D)$$

$$d = (df t) \%$$

$$= d/d (f t) \%$$

取实际典型值

$$f = 6000\text{Hz}$$

$$t = 10\mu\text{s}$$

得：0.06%

由此可见，采用这种方案的点距误差变化率是很小的（实际要求点距误差变化率小于 10%），完全可以精确控制点距。

移动架交流伺服工作在位置控制方式，位置给定采用

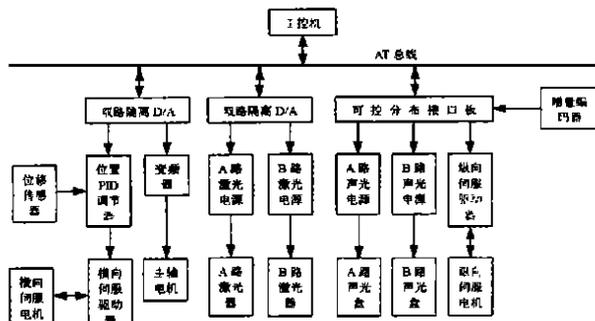


图 3 YAG 激光毛化机床数控系统方框图

脉冲串方式。工控机对主轴编码器信号分频后控制伺服驱动器，伺服驱动器驱动伺服电机，带动移动架随主轴旋转而移动。这就能保证了主轴旋转与移动架移动的同步控制。

3 系统构成

图 3 是 YAG 激光毛化机床数控系统方框图。工控机（型号为 AWS-825P）内 AT 总线上装有一块可控分布接口卡、两块电隔离双路 D/A 接口卡（型号为 PCL-728）。主轴变频电机（型号为 YVP-132M）连同辊旋转时增量编码器（型号为 ZPI-500A-25000，每转等分 10 万线）输出反映辊旋转位置的脉冲信号，脉冲信号传给工控机内的可控分布接口卡，经计算机处理后控制声光电源和纵向伺服驱动器（型号为 MSDA153A1A），纵向伺服驱动器驱动纵向伺服电机（型号为 MDMA152A1A），经滚珠丝杆带动机床移动架在机床导轨上左右移动。工控机内的一块 D/A 接口卡发两路信号给激光器电源，控制 A 路激光器和 B 路激光器。工控机内的另一块 D/A 接口卡发一路信号给变频器（型号为 iHF-7.5K），变频器驱动机床主轴电机连同辊旋转，且转速无级可调；D/A 接口卡发另一路信号给位置 PID 调节器。激光头与辊面间距自动跟踪器由工控机、位置 PID 调节器、电感式非接触位移传感器（型号为 ST-1）、横向伺服驱动器（型号为 MSDA043A1A）、伺服电机（型号为 MSMA042A1A）及滚珠丝杆传动副等构成，它是一个闭环控制系统，工控机设定间距大小，位移传感器检测实际间距，横向伺服驱动器工作在速度控制方式。

4 控制软件

（下转第 27 页）

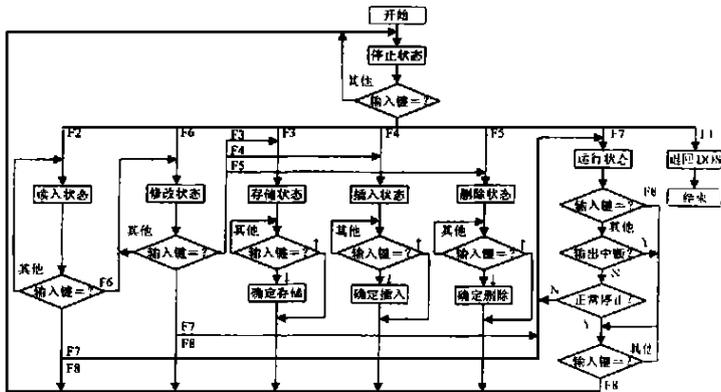


图 4 激光毛化可控分布程序工作流程简图

动控制流程图如图 6 所示。

核子秤计量系统的数据采集处理和物料负载常数的标定工作由现场的 PLC 和上位工控计算机通过编制相应的软件来完成。在完成上述自动/手动控制的同时,该控制系统还可对输送带上的物料重量实现动态在线测量,蔗料的累计重量 W 为

$$W = \sum_{i=1}^n F_i \cdot V_i \cdot T = \sum_{i=1}^n \frac{KDZV_N}{k} \ln\left(\frac{U_i}{U_0}\right) \cdot T \quad (7)$$

其中: T 为计算周期, n 为累计时间里所给的计算周期数。

3.5 与上位监控计算机的通信

上位的工业控制计算机和生产现场的 PLC 之间处于实时的交互通信状态。通过 RS-232 和 RS-485 接口,操作人员可根据生产现场的需要,在不中断生产过程的同时,在上位机上实时地对诸如给定日榨量、输蔗机的转速差、核子秤的物料整定系数等现场参数进行调整,以使控制系统工作于最佳的工作状态。同时还可将现场的诸如输蔗机的转速、切蔗机的负荷

(上接第 12 页)

程序包括主程序和中断服务程序两部分。主程序要完成图形界面的显示、工作参数的处理(读入、存储、插入、删除、修改等)、运行时的参数及模拟辊面显示等任务;中断服务程序要完成可控分布接口卡中的 8254 计数器计数值的修改、一些参数的计算等任务。考虑到 C 语言具有强大的图形处理和文件处理的功能,而中断间隔时间又非常短(按毛化频率 6000Hz 计算,中断间隔时间为 167 μ s),所以,中断服务程序和运行时的参数显示用汇编语言编写,其余用 C 语言编写。运行开始,程序即进入汇编语言编写的程序;运行停止,程序即回到 C 语言编写的程序。图 4 是激光毛化可控分布程序工作流程简图。

5 结束语

以上所述的“九五”国家重点科技攻关项目和“九五”中国科学院重大项目都已顺利通过了验收。国家专利局已受理了有关“具有可控分布的 YAG 激光毛化机床”的两项专利,一项是发明专利,受理号为 00132557.4,另一项为实用新型,受理号为 00260626.7。

本文介绍的数控系统机床主轴通过在主轴同轴方向装一高精度高分辨率的增量编码器,并用一台工控机控制声光电源和移动架实现辊面毛化点的可控分布;通过激光头与辊面间距自动跟踪器使设备适用于凸、凹或 S 型辊面的激光毛化;通过变频电机经固定减速比主轴变速箱驱动机床主轴,使激光毛化频率无级可调。

目前实现的分布可控的图案有两种:菱形分布和矩形分布,如图 1b 和图 1c 所示。本文介绍的激光毛化可控分布技术已在宝钢、本钢、广州众星激光公司及激光毛化中心的激光毛化机床上使用两年多,运行良好。宝钢已用这种机床首次生产出几千吨汽车外覆件用激光毛化 05 板。由于所轧制的激光毛化板表面具有非常均匀的粗糙度及很高的峰值密度,受到汽车厂家的好评,宝钢现已向上海大众正式提供汽车外覆件用激光毛化 05 板。由于毛化点的位置是完全可控的,使它非常适合于用激光刻蚀辊面图形,这就大大拓宽了激光毛化技术的应用领域,使之能在印刷、塑料及其他轻工行业得到广泛的应用。该技术现已用于印刷辊和铝冷轧辊的激光毛化。

电流、已榨甘蔗的榨量统计值和相关设备的启动/停止、正常/故障的状态信息等现场参数上传给监控计算机,供操作人员对生产现场实施监控和完成甘蔗的榨量统计工作。

4 结论

此控制系统在某甘蔗糖厂投入运行后,减轻了现场工作人员的劳动强度,实现了甘蔗的均衡入榨,提高了甘蔗压榨抽速率。系统具有操作简单,可靠性高,工艺参数修改方便的特点,提高了压榨车间的自动化水平。由于避免了因蔗料堵塞造成压榨机停机,提高了设备的安全运转率。

参考文献:

- [1] 梁周,等,编著.制糖工业仪表及自动化[M].北京:轻工业出版社,1988.
- [2] 清华大学.同方微机核子秤说明书[M].清华同方科技公司,1998.

参考文献:

- [1] 王士元. C 高级实用程序设计[M].北京:清华大学出版社,1998.
- [2] 李文兵. Turbo C 及其应用开发[M].北京:电子工业出版社,1995.
- [3] 周明德. 微型计算机硬件软件及其应用[M].北京:清华大学出版社,1991.
- [4] 张载鸿. 微型计算机(PC系列)接口控制教程[M].北京:清华大学出版社,1994.
- [5] 王红才. 一种基于 RS-485 网络的集散型控制系统[J]. 计算机自动测量与控制,2000,8(6):13-15.

Xantrex 公司程控直流电源用于国际空间站

Xantrex 公司宣布,其程控直流电源被美国 NASA 选中用于国际空间站中测试和维修重要电子仪器设备,并随发现者号航天飞机进入太空。该电源型号为 XHR150-7(输出功率:1000W,最大程控输出电压 150V,最大程控输出电源 7A)。空间站的电源是由太阳能电池板产生的 120V 直流电源,Xantrex 公司产品将其转化成所需的各种电源,该电源作为移动式电子工作台的一部分,在 0 重力环境下可在空间站的任何位置工作。Xantrex 产品被选中是由于其高性能、高质量和高可靠性,其产品已被用于外太空、深海钻探、半导体制造、医疗仪器等多种行业。

定制化设计满足 NASA 要求

由于每磅的发射费用约为 1 万美元,因而重量成为很重要一个因素。Xantrex 将许多钢元件改换成重量较轻的铝合金元件,从而减轻了 4 磅重量,这种设计的另一个好处是防止在空间站高湿环境下的冷凝和生锈,XHR 电源重 14 磅,体积 8.5(宽)×16.2(长)×3.4(高)英寸,Xantrex 设计了简单的开关,以便于电源适应 120V 直流输入,输入端子设计成满足空间站标准。为在 0 重量环境下使用的方便性,在电源上增加了大手柄。

发射前的严格测试

定制设计过程包括发射前的振动冲击测试,以使产品能随发射时的巨大振动和冲击,NASA 发射前的测试包括许多测试项,如三个轴向的工作状态测试。电源还进行了高低温测试。对于在发射时的振动环境,商用级产品只做了一些很小改动。

欢迎来电来函索取资料,电话 010-68273789,13801390394