



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109366492 A

(43)申请公布日 2019.02.22

(21)申请号 201811244970.0

(22)申请日 2018.10.24

(71)申请人 武汉理工大学

地址 430070 湖北省武汉市洪山区珞狮路  
122号

(72)发明人 吴超群 商振

(74)专利代理机构 武汉科皓知识产权代理事务  
所(特殊普通合伙) 42222

代理人 张火春

(51) Int. Cl.

B25J 11/00(2006.01)

B25J 9/16(2006.01)

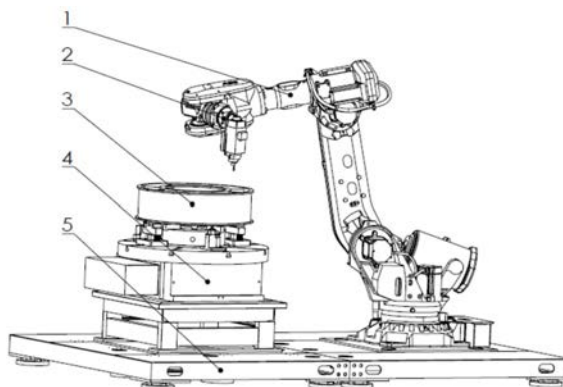
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

### (54)发明名称

基于机器人的铸件打磨轨迹在线补偿系统及方法

### (57)摘要

本发明提供一种基于机器人的铸件打磨轨迹在线补偿系统及方法,系统包括机器人、PLC控制器、激光测距传感器、电主轴、安装板、工作台、工件和底座。激光测距传感器和电主轴通过安装板安装在机器人末端法兰盘并随之移动,激光测距传感器发射激光束平行于加工区域工件表面法线,通过激光测距传感器间歇性发射脉冲激光束,检测出机器人末端到工件表面的距离L1,根据L1与初始状态时机器人末端与工件所需切削后表面距离L2差值计算出切削深度,根据切削深度调整机器人末端位置,形成一种反馈机理,从而使得打磨刀具对工件表面保持相对稳定的切削深度。本发明能保持对铸件均衡打磨,提高打磨后铸件质量,有效防止了过度打磨和打磨不足。



1. 一种基于机器人的铸件打磨轨迹在线补偿系统,其特征在于:包括六轴机器人、PLC控制器、激光测距传感器、电主轴、安装板、打磨刀具、工作台和底座,所述PLC控制器用于接收激光测距传感器测量的距离信号,并控制六轴机器人和电主轴动作,电主轴安装板通过螺栓和销固定在六轴机器人执行末端,电主轴通过螺栓和销固定在电主轴安装板上激光测距传感器安装在安装板上,打磨刀具安装在电主轴上,待打磨的工件通过夹具固定在工作台上,所述激光测距传感器间歇性发射脉冲激光束,检测打磨刀具与工件表面之间的距离 $L_1$ ,定义打磨刀具位于初始位置时,六轴机器人执行末端与工件所需切削后表面距离为 $L_2$ ,根据 $L_1$ 和 $L_2$ 差值计算出切削深度,根据切削深度调整机器人的姿态,以保证刀具的切削深度在误差允许的范围内。

2. 一种基于机器人的铸件打磨轨迹在线补偿方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、通过PLC控制器调整六轴机器人位置,使得打磨刀具对准工件打磨起始点,定义打磨刀具位于初始位置时,六轴机器人执行末端与工件所需切削后表面距离为 $L_2$ ;

步骤2、开始打磨,并通过激光测距传感器间隙式测量机器人执行末端到工件表面的距离 $L_1$ ,根据 $L_1$ 和 $L_2$ 差值计算出初始切削深度 $e_0$ ,并把数据传至PLC控制器;

步骤3、PLC控制端将距离数据传送给六轴机器人,通过机器人的判断程序检测当前机器人的位置是否在要的保证的距离 $L_1$ 允许的范围内;

步骤4、当检测出数值 $L_1$ 偏大时,则说明机器人的刀具没有接触工件表面或者切削深度不够,然后计算出数值 $L_1$ 和 $L_2$ 的差值即切削深度 $e$ ,将切削深度 $e$ 传给机器人,使得机器人带动打磨刀具移动,进刀,直至实际的切削深度 $e$ 在允许范围内,同理当检测出数值 $L_1$ 偏小时,则通过机器人控制打磨刀具向外移动退刀,直至实际的切削深度 $e$ 在允许范围内,从而使得打磨刀具对工件表面保持相对稳定的切削深度;

步骤5、机器人沿着所设定的路径在工件表面移动;

步骤6、激光测距传感器随着机器人的移动而间歇性发射激光束,进行实时测量,重复执行步骤4,实现对工件打磨轨迹在线补偿,直至完成整个工件打磨。

3. 如权利要求2所述的一种基于机器人的铸件打磨轨迹在线补偿方法,其特征在于:所述机器人的移动精度不大于 $0.05\text{mm}$ ,激光测距传感器的测量精度不大于 $0.01\text{mm}$ 。

4. 如权利要求2所述的一种基于机器人的铸件打磨轨迹在线补偿方法,其特征在于:实际切削深度 $e$ 与初始切削深度 $e_0$ 的差值不大于 $0.1\text{mm}$ 。

5. 如权利要求2所述的一种基于机器人的铸件打磨轨迹在线补偿方法,其特征在于:所述的六轴机器人包括机器人本体和机器人控制柜,用于和PLC控制器进行数据交换,其中机器人本体在六轴末端有用于安装电主轴安装板的法兰盘,然后将电主轴和激光测距传感器安装在安装板上。

6. 如权利要求2所述的一种基于机器人的铸件打磨轨迹在线补偿方法,其特征在于:所述激光测距传感器发射激光束的方向应平行于电主轴转轴轴线方向。

7. 如权利要求2所述的一种基于机器人的铸件打磨轨迹在线补偿方法,其特征在于:所述机器人行走的路径为根据工件理论形状设定行走路线。

8. 如权利要求7所述的一种基于机器人的铸件打磨轨迹在线补偿方法,其特征在于:机器人行走过程中,始终保持电主轴的的轴线与对应工件加工区域平面法向平行。

## 基于机器人的铸件打磨轨迹在线补偿系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于打磨领域,涉及一种铸件打磨技术,具体涉及一种基于机器人的铸件打磨轨迹在线补偿系统及方法。

### 背景技术

[0002] 随着中国制造2025的到来,机器人的应用越来越广泛。在航天航空,汽车等制造业中,零件多为复杂的铸造件。如汽车轮毂、发动机缸体、缸盖、曲轴、卡钳、支架、转向节,又比如飞机的机匣等零部件,需要对其浇冒口、飞边、毛刺进行打磨,采用机器人打磨能够提高加工效率、保证加工精度、降低打磨成本。由于机器人自动打磨针对的是所有零件而非单个零件,对起始点即铸造件的尺寸要求很高。因此打磨轨迹在自动打磨有着重要影响,轨迹的高低决定了加工后工件的表面质量。因而在实际应用常存在以下几个问题:1、铸造件的零件表面尺寸差异很大,不能保证机器人的走刀路径适用于所有同一部位,阻碍了机器人打磨的全自动化应用。2、铸造件的一致性差,每次装夹后零件位置有很大的偏差。3、不能自动找正,每次打磨之前都需要重新修改机器人的起始点,延长了加工时间。4、打磨时,机器人的走刀路径不符合当前待加工表面,如有很长一段时间的空行程,影响加工效率,又例如初次走刀切削深度过大,对刀具损伤加大,影响刀具寿命,加重道具成本。5、在加工时如遇到空行程的情况,就会造成打磨效果不明显,需二次打磨,延长了加工时间,降低了加工效率,若是遇到初次走刀切削深度过大的情况,就会造成整体打磨过多,从而伤害到零件的本体。6、在加工过程中,不能实时对加工余量进行检测和修正。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种基于机器人的铸件打磨轨迹在线补偿系统及方法,该技术能够自动找正起始点,并实时检测和修改加工过程中轨迹,实现机器人高效率,高精度的完全自动化打磨。

[0004] 一种基于机器人的铸件打磨轨迹在线补偿系统,其特征在于:包括六轴机器人、PLC控制器、激光测距传感器、电主轴、安装板、打磨刀具、工作台和底座,所述PLC控制器用于接收激光测距传感器测量的距离信号,并控制六轴机器人和电主轴动作,电主轴安装板通过螺栓和销固定在六轴机器人执行末端,电主轴通过螺栓和销固定在电主轴安装板上激光测距传感器安装在安装板上,打磨刀具安装在电主轴上,待打磨的工件通过夹具固定在工作台上,所述激光测距传感器间歇性发射脉冲激光束,检测打磨刀具与工件表面之间的距离 $L_1$ ,定义打磨刀具位于初始位置时,六轴机器人执行末端与工件所需切削后表面距离为 $L_2$ ,根据 $L_1$ 和 $L_2$ 差值计算出切削深度,根据切削深度调整机器人的姿态,以保证刀具的切削深度在误差允许的范围。

[0005] 一种基于机器人的铸件打磨轨迹在线补偿方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0006] 步骤1、通过PLC控制器调整六轴机器人位置,使得打磨刀具对准工件打磨起始点,定义打磨刀具位于初始位置时,六轴机器人执行末端与工件所需切削后表面距离为 $L_2$ ;

[0007] 步骤2、开始打磨,并通过激光测距传感器间隙式测量机器人执行末端到工件表面的距离 $L_1$ ,根据 $L_1$ 和 $L_2$ 差值计算出初始切削深度 $e_0$ ,并把数据传至PLC控制器;

[0008] 步骤3、PLC控制端将距离数据传送给六轴机器人,通过机器人的判断程序检测当前机器人的位置是否在要的保证的距离 $L_1$ 允许的范围内;

[0009] 步骤4、当检测出数值 $L_1$ 偏大时,则说明机器人的刀具没有接触工件表面或者切削深度不够,然后计算出数值 $L_1$ 和 $L_2$ 的差值即切削深度 $e$ ,将切削深度 $e$ 传给机器人,使得机器人带动打磨刀具移动,进刀,直至实际的切削深度 $e$ 在允许范围内,同理当检测出数值 $L_1$ 偏小时,则通过机器人控制打磨刀具向外移动退刀,直至实际的切削深度 $e$ 在允许范围内,从而使得打磨刀具对工件表面保持相对稳定的切削深度;

[0010] 步骤5、机器人沿着所设定的路径在工件表面移动;

[0011] 步骤6、激光测距传感器随着机器人的移动而间歇性发射激光束,进行实时测量,重复执行步骤4,实现对工件打磨轨迹在线补偿,直至完成整个工件打磨。

[0012] 作为优选,所述机器人的移动精度不大于0.05mm,激光测距传感器的测量精度不大于0.01mm。

[0013] 作为优选,实际切削深度 $e$ 与初始切削深度 $e_0$ 的差值不大于0.1mm。

[0014] 所述的六轴机器人包括机器人本体和机器人控制柜,用于和PLC控制器进行数据交换,其中机器人本体在六轴末端有用于安装电主轴安装板的法兰盘,然后将电主轴和激光测距传感器安装在安装板上。

[0015] 作为优选,所述激光测距传感器发射激光束的方向应平行于电主轴转轴轴线方向。

[0016] 作为优选,所述机器人行走的路径为根据工件理论形状设定行走路线。

[0017] 作为优选,机器人行走过程中,始终保持电主轴的的轴线与对应工件加工区域平面法向平行。

[0018] 本发明有益效果是:

[0019] 1、通过激光测距传感器的激光测距原理,将机器人起始位置进行自动调整,使之能自动找正,降低了工件在装夹时定位误差的影响,减少了对点的时间,同时解决了铸造件一致性差的问题,容错率高,降低了机器人撞机的风险,保证了系统的安全。

[0020] 2、该方法能控制打磨的余量,保证相同类型的不同部位加工余量的均匀性,解决了铸造件表面尺寸差异大的问题,降低了对铸造件精度的要求;3、该方法在加工过程中实时检测,保证了刀具与工件表面的接触,大大缩减空行程的时间,提高了打磨效率,同时降低了刀具损伤率,节约了刀具的成本。

[0021] 3、该方法能应用于曲面弧面等复杂类型的铸造件打磨,且不会伤害到本体,具有机床所没有的优势,同时实现了全自动化打磨系统,使之能逐渐替代人工打磨。因此基于机器人的铸件打磨轨迹在线补偿方法对于全自动化打磨有着重要的优势。

## 附图说明

[0022] 图1为本发明铸件打磨轨迹在线补偿系统结构示意图;

[0023] 图2为本发明电主轴和打磨刀具安装关系示意图。

[0024] 1-机器人,2-末端总成,3-工件,4-工作台,5-底座,6-安装板,7-传感器安装座,8-

激光测距传感器,9-电主轴,10-打磨刀具。

### 具体实施方式

[0025] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。

[0026] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“上”、“下”、“前方”等指示方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的组件或元件必须具有特定的方位,以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0027] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“示例”、“具体示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

[0028] 以上公开的本发明优选实施例只是用于帮助阐述本发明。优选实施例并没有详尽叙述所有的细节,也不限制该发明仅为所述的具体实施方式。显然,根据本说明书的内容,可作很多的修改和变化。本说明书选取并具体描述这些实施例是为了更好地解释本发明的原理和实际应用,从而使所属技术领域技术人员能很好地理解和利用本发明。本发明仅受权利要求书及其全部范围和等效物的限制。

[0029] 如图1所示,本图为整个铸件打磨轨迹在线补偿系统的示意图,包括:机器人1、末端总成2、工件3、工作台4、底座5。其中工作台4和机器人1均固定在底座上。工作台上装夹着工件,位于机器人1前端约1m的距离,用于保证工件的加工部位全都在机器人的工作范围内,本实施例总机器人1采用六轴机器人。

[0030] 如图2所示,本图为检测过程示意图,包括:安装座6、传感器安装座7、激光测距传感器8、电主轴9、打磨刀具10。

[0031] 所述PLC控制器用于接收激光测距传感器测量的距离信号,并控制六轴机器人和电主轴动作,电主轴安装板通过螺栓和销固定在六轴机器人执行末端,电主轴通过螺栓和销固定在电主轴安装板上,激光测距传感器安装在六轴机器人执行末端,打磨刀具安装在电主轴上,待打磨的工件通过夹具固定在工作台上,所述激光测距传感器间歇性发射脉冲激光束,检测打磨刀具与工件表面之间的距离 $L_1$ ,定义打磨刀具位于初始位置时,六轴机器人执行末端与工件所需切削后表面距离为 $L_2$ ,根据 $L_1$ 和 $L_2$ 差值计算出切削深度,根据切削深度调整机器人的姿态,以保证刀具的切削深度在误差允许的范围内。

[0032] 一种基于机器人的铸件打磨轨迹在线补偿方法,包括以下步骤:

[0033] 步骤1、通过PLC控制器调整六轴机器人位置,使得打磨刀具对准工件打磨起始点,定义打磨刀具位于初始位置时,六轴机器人执行末端与工件所需切削后表面距离为 $L_2$ ;

[0034] 步骤2、开始打磨,并通过激光测距传感器间隙式测量机器人执行末端到工件表面的距离 $L_1$ ,根据 $L_1$ 和 $L_2$ 差值计算出初始切削深度 $e_0$ ,并把数据传至PLC控制器;

[0035] 步骤3、PLC控制端将距离数据传送给六轴机器人,通过机器人的判断程序检测当前机器人的位置是否在要的保证的距离 $L_1$ 允许的范围内;

[0036] 步骤4、当检测出数值 $L_1$ 偏大时,则说明机器人的刀具没有接触工件表面或者切削

深度不够,然后计算出数值L1和L2的差值即切削深度e,将切削深度e传给机器人,使得机器人带动打磨刀具移动,进刀,直至实际的切削深度e在允许范围内,同理当检测出数值L1偏小时,则通过机器人控制打磨刀具向外移动退刀,直至实际的切削深度e在允许范围内,从而使得打磨刀具对工件表面保持相对稳定的切削深度;

[0037] 步骤5、机器人沿着所设定的路径在工件表面移动;

[0038] 步骤6、激光测距传感器随着机器人的移动而间歇性发射激光束,进行实时测量,重复执行步骤4,实现对工件打磨轨迹在线补偿,直至完成整个工件打磨。

[0039] 作为一种更优实施例,所述机器人的移动精度不大于0.05mm,激光测距传感器的测量精度不大于0.01mm。

[0040] 作为一种更优实施例,实际切削深度e与初始切削深度 $e_0$ 的差值不大于0.1mm,最优的,比如可以将差值取为0.1mm。

[0041] 作为一种更优实施例,所述的六轴机器人包括机器人本体和机器人控制柜,其中机器人本体在六轴末端有用于安装电主轴安装板的法兰盘,然后将电主轴和激光测距传感器安装在安装板上。

[0042] 作为一种更优实施例,所述激光测距传感器发射激光束的方向应平行于电主轴转轴轴线方向,所述机器人行走的路径为根据工件理论形状设定行走路线,机器人行走过程中,始终保持电主轴的的轴线与对应工件加工区域平面法向平行。

[0043] 工作原理

[0044] 本发明利用激光测距的原理,将激光测距传感器和电主轴一并安装在机器人上,使之能随着机器人的移动而移动。调整机器人姿态,使得安装在机器人上的电主轴能垂直于加工平面,从而激光测距传感器发射的激光束也能垂直于加工平面。然后调整机器人位置,使得刀具对准工件打磨起始点A0点,定义打磨刀具位于初始位置时,六轴机器人执行末端与工件所需切削后表面距离为L2。激光测距传感器间歇式测量机器人末端到工件表面的距离L1,根据L1和L2差值计算出初始切削深度 $e_0$ ,并把数据传至PLC控制器。PLC控制器将距离数据传送给机器人。通过机器人的判断程序检测当前机器人的位置是否在要的距离L1允许的范围内;当检测出数值L1偏大时,则说明机器人的刀具没有接触工件表面或者切削深度不够,然后计算出数值L1和L2的差值即切削深度e,将切削深度e传给机器人,使得机器人带动打磨刀具移动,进刀,直至实际的切削深度e在允许范围内,同理当检测出数值L1偏小时,则通过机器人控制打磨刀具向外移动退刀,直至实际的切削深度e在允许范围内,从而使得打磨刀具对工件表面保持相对稳定的切削深度。激光测距传感器间歇性发射激光束,机器人沿着所设定的路径移动,到达下一点A1点。机器人再次重复判断所处的位置是否在允许的精度范围内并重复上述调节方式进行自我调节。此后在到达终点之前,机器人每移动一段距离便会判断一次,以保证其位置在允许的误差之内。即实现轨迹在线补偿。

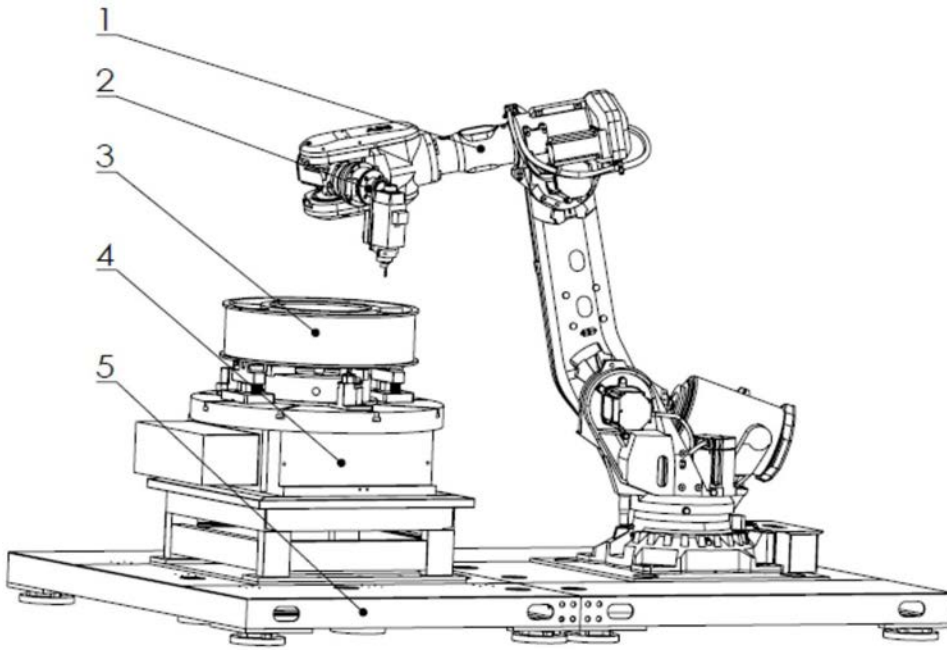


图1

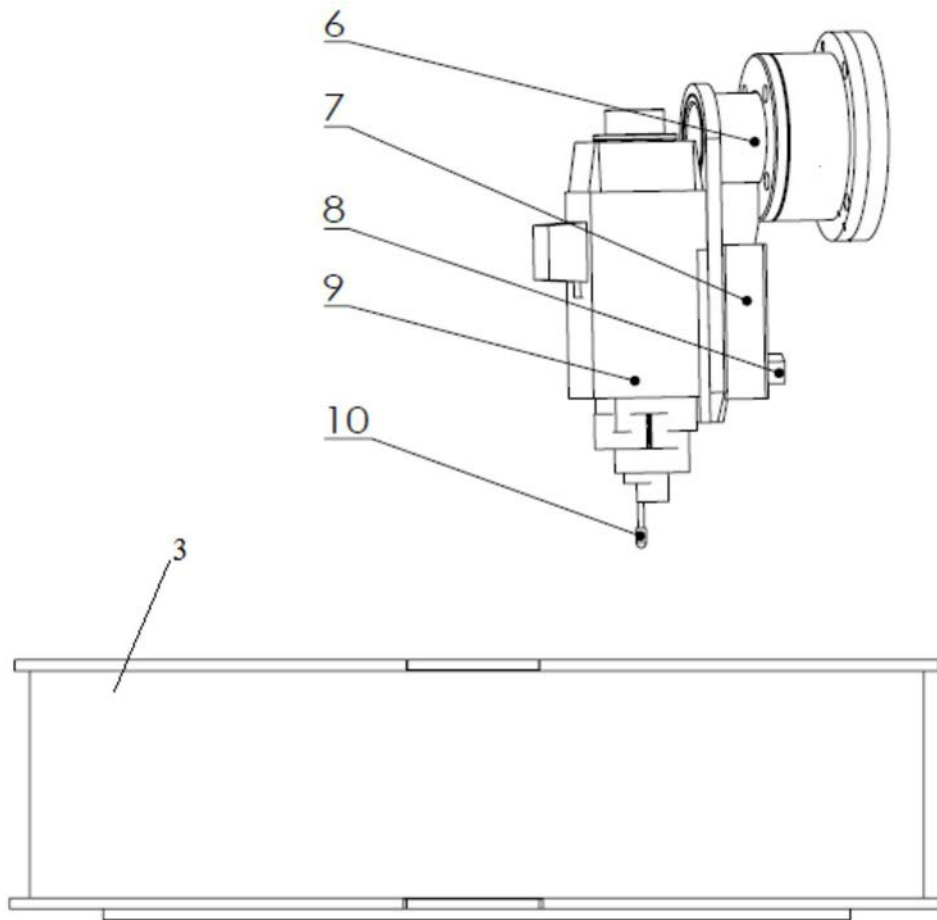


图2