



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109128177 B

(45) 授权公告日 2020.09.29

(21) 申请号 201811075017.8

审查员 梁秀兰

(22) 申请日 2018.09.14

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109128177 A

(43) 申请公布日 2019.01.04

(73) 专利权人 河海大学常州校区
地址 213022 江苏省常州市晋陵北路200号

(72) 发明人 杨可 王秋雨 李嘉祺 曲扬
包晔峰 蒋永峰

(74) 专利代理机构 南京纵横知识产权代理有限公司 32224

代理人 董建林

(51) Int. Cl.

B22F 3/115 (2006.01)

B33Y 50/02 (2015.01)

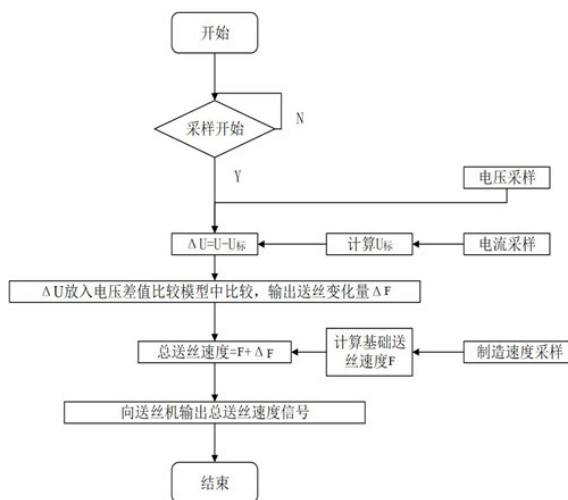
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种控制增材制造电弧弧长和成形件端面平整度的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种控制增材制造电弧弧长和成形件端面平整度的方法,包括以下步骤:建立理论送丝速度F和增材制造速度TS的关系函数;弧长不变在TIG电弧增材制造平台上进行单道单层焊接,将记录的焊接电流和电压拟合处理得到焊接电流和标准电压的线性回归方程;计算电压和标准电压的电压差值 ΔU ,得出 ΔU 和 ΔF 的关系;利用理论送丝速度F和增材制造速度TS的关系函数计算不同增材制造速度TS下对应的理论送丝速度F,并将该信号输送到送丝机中,实际由送丝机输出的实际送丝速度就为 $F + \Delta F$ 。本发明利用自身系统即可实现对弧长的有效控制和补偿,将弧长始终在合理的范围内,大大提高了成形件端面平整度和成形件的成形质量。



1. 一种控制增材制造电弧弧长和成形件端面平整度的方法,其特征在于,包括以下步骤:

搭建TIG电弧增材制造平台,TIG电弧增材制造平台包括焊机、送丝机和机床;

建立理论送丝速度F和增材制造速度TS的关系函数;

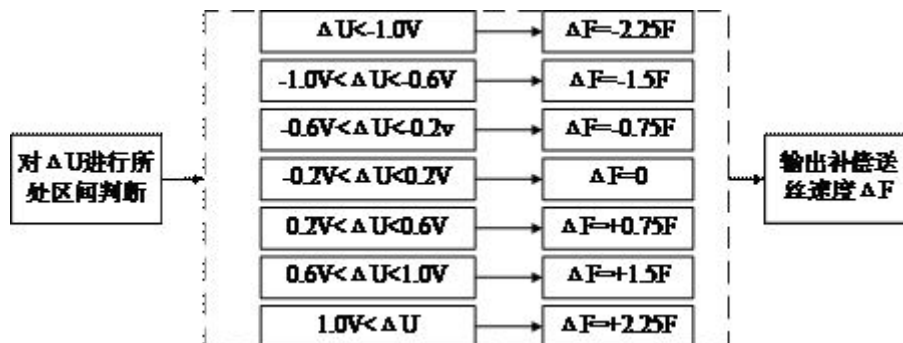
焊接时保持标准弧长不变,在TIG电弧增材制造平台上进行单道单层焊接,通过焊机的显示系统实时记录焊接电流和电压,将记录的焊接电流和电压拟合处理得到焊接电流和电压的线性回归方程,定义标准弧长下线性回归方程中的电压为标准电压;

将焊接电流和标准电压的线性回归方程输入TIG电弧增材制造数控系统中;

在增材制造过程中,TIG电弧增材制造数控系统根据实时的焊接电流利用线性回归方程计算标准电压,将标准电压与实际电压作差值求出电压差值 ΔU ,将电压差值 ΔU 和补偿送丝速度 ΔF 的关系输入TIG电弧增材制造数控系统中;TIG电弧增材制造数控系统根据电压差值 ΔU 输出对应的补偿送丝速度 ΔF 信号到送丝机中;

TIG电弧增材制造数控系统利用理论送丝速度F和增材制造速度TS的关系函数计算不同增材制造速度TS对应的理论送丝速度F,并将理论送丝速度F的数值信号输入到送丝机中,送丝机输出的实际送丝速度为 $F + \Delta F$,完成了对实际送丝速度的调节;

将电压差值 ΔU 按照区间划分,每个区间输出一个对应的补偿送丝速度 ΔF ;通过多次实验验证了相同焊接电流下弧长与电压成正比,在相同电流下实际弧长与标准弧长每变化0.5mm,实际电压与标准电压的电压差值 ΔU 为0.4V;设定每沉积一层焊枪自动上升的高度H为0.5mm,且实际弧长与标准弧长相差0.5mm时 ΔU 为0.4V,所以对应的额外送丝速度 $\Delta F = F$,为了减小误差采用少量多次的补偿方法,所以实际弧长与标准弧长差0.5mm时采用补偿送丝速度 $\Delta F = 0.75F$,确定电压差值 ΔU 和补偿送丝速度 ΔF 的关系如下:



将电压差值 ΔU 和补偿送丝速度 ΔF 的关系输入到TIG电弧增材制造数控系统中。

2. 根据权利要求1所述的一种控制增材制造电弧弧长和成形件端面平整度的方法,其特征在于,沉积一层的体积计算公式为: $V = F \times t \times \pi r^2$,沉积一层的体积也可用公式 $V = TS \times W \times H \times t$ 来表达,其中,F为理论送丝速度;t为沉积一层所用时间,r为焊丝半径,TS为增材制造速度,W为成形件壁厚,H为每沉积一层焊枪自动上升高度,焊丝半径r、成形件壁厚W和每沉积一层焊枪自动上升的高度H为已知数值,

两个公式经过变换得到:
$$F = \frac{TS \cdot W \cdot H}{\pi r^2}$$

3. 根据权利要求1所述的一种控制增材制造电弧弧长和成形件端面平整度的方法,其特征在于,在焊枪的钨针距离基板4mm的情况下进行单道单层焊接,将标准电弧的长度定为4mm,实时记录焊接电流和电压,将焊接电流和电压的记录数据经拟合处理即可得到焊接电

流和标准电压的线性回归方程： $U_{\text{标}}=0.026I+10.755$ ，式中 $U_{\text{标}}$ 为标准弧长对应的标准电压， I 为焊接电流，利用该线性回归方程可算得不同电流对应的标准电压，将该线性回归方程输入到TIG电弧增材制造数控系统中，TIG电弧增材制造数控系统即机床的操控系统。

4. 根据权利要求2所述的一种控制增材制造电弧弧长和成形件端面平整度的方法，其特征在于，焊丝半径 r 为0.4mm，成形件壁厚 W 为6mm，每沉积一层焊枪自动上升的高度 H 为固定值0.5mm，得到理论送丝速度 F 与增材制造速度 TS 关系函数为： $F=5.97TS$ 。

5. 根据权利要求1所述的一种控制增材制造电弧弧长和成形件端面平整度的方法，其特征在于，搭建TIG电弧增材制造平台，TIG电弧增材制造平台包括米勒Dynasty350-TIG焊机、WF-007A自动送丝机和配备台达CNC300数控系统的三轴数控机床；焊枪固定在数控机床Z轴末端，送丝机通过送丝导嘴输送焊丝。

一种控制增材制造电弧弧长和成形件端面平整度的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种控制增材制造电弧弧长和成形件端面平整度的方法,属于增材制造技术领域。

背景技术

[0002] 在资源节约和高效制造背景下“3D打印”一词持续升温。3D打印又称增材制造,是基于离散/堆积原理,根据零件的三维模型使用填充材料逐层沉积成三维实体的一种新型成形技术。如果说传统的零件加工工艺是一种减材加工,与之相反,增材制造则是一种材料累加的加工工艺方法。经过多年的不断发展,增材制造生产的产品已在电子、军事、医疗、航空航天等领域被广泛应用。在我国自主研发的大型客机C919中,西北工业大学利用增材制造技术生产的中央翼缘条就被应用其中。

[0003] 目前能够被应用于增材制造的材料有聚合物材料、复合材料、陶瓷材料和金属材料等。其中以金属材料应用最为广泛。对金属材料进行增材制造时所使用的热源通常有激光、电子束、电弧。经过外国学者研究发现虽然激光和电子束具有较高的能量密度,能在增材过程中提高成形精度,但生产效率低,设备成本较为昂贵。而基于电弧的增材制造能大幅提高沉积效率,同时具有良好的成形效果,且大大降低了设备成本,这使得电弧增材制造具有了更大的竞争优势和发展前景。

[0004] TIG电弧增材制造所使用的电弧为TIG电弧,焊丝通过送丝机从导嘴送入电弧形成熔滴过渡到熔池中,每沉积完一层焊枪自动按所设置的高度上升。由于增材制造不同于简单的堆焊,其沉积层数量多,尺寸精度要求大,往往很难保证焊枪上升的高度与沉积层的高度始终一致。当焊枪上升高度大于沉积层高度时弧长会被逐渐拉长,过大的弧长会引起飞溅影响成形质量。当焊枪上升高度小于沉积层高度时,易使钨极逐渐靠近成形件端面而发生接触短路熄弧。这两种情况在增材制造过程中都是不允许发生的,所以使弧长始终在合理的范围内是很有必要的。

[0005] 传统的TIG自动焊接中维持弧长稳定一般采用监测弧长的办法,并根据实际弧长与标准弧长的误差来改变焊枪高度以维持弧长,这需要额外的距离探测设备。而且在实际增材过程中送丝方向相对于增材制造方向会不断变化,不同位置沉积的金属高度略有差异,但经过多层累加放大后导致成形件端面平整度下降。这一点是传统弧长稳定系统无法解决的。

[0006] 本发明先通过计算不同增材制造速度下所匹配的理论送丝和标准弧长下不同电流对应的标准电压。将实际电压与标准电压差值作为比较模型,判断其所处区间输出对应的送丝速度变化量,实际送丝速度为理论送丝速度加送丝速度变化量,从而达到调节弧长的目的,也可解决成形件端面不平整的问题。

发明内容

[0007] 本发明所要解决的技术问题是克服现有技术的缺陷,提供一种控制增材制造电弧

弧长和成形件端面平整度的方法。

[0008] 为达到上述目的,本发明提供一种控制增材制造电弧弧长和成形件端面平整度的方法,包括以下步骤:

[0009] 搭建TIG电弧增材制造平台,TIG电弧增材制造平台包括焊机、送丝机和机床;

[0010] 建立理论送丝速度F和增材制造速度TS的关系函数;

[0011] 焊接时保持标准弧长不变,在TIG电弧增材制造平台上进行单道单层焊接,通过焊机的显示系统实时记录焊接电流和电压,将记录的焊接电流和电压拟合处理得到焊接电流和电压的线性回归方程,定义标准弧长下线性回归方程中的电压为标准电压;

[0012] 将焊接电流和标准电压的线性回归方程输入TIG电弧增材制造数控系统中;

[0013] 在增材制造过程中,TIG电弧增材制造数控系统根据实时的焊接电流利用线性回归方程计算标准电压,将标准电压与实际电压作差值求出电压差值 ΔU ,将电压差值 ΔU 和补偿送丝速度 ΔF 的关系输入TIG电弧增材制造数控系统中;TIG电弧增材制造数控系统根据电压差值 ΔU 输出对应的补偿送丝速度 ΔF 信号到送丝机中;

[0014] TIG电弧增材制造数控系统利用理论送丝速度F和增材制造速度TS的关系函数计算不同增材制造速度TS对应的理论送丝速度F,并将理论送丝速度F的数值信号输入到送丝机中,送丝机输出的实际送丝速度为 $F + \Delta F$,完成了对实际送丝速度的调节。

[0015] 优先地,沉积一层的体积计算公式为: $V = F \times t \times \pi r^2$,沉积一层的体积也可用公式 $V = TS \times W \times H \times t$ 来表达,其中,F为理论送丝速度;t为沉积一层所用时间,r为焊丝半径,TS为增材制造速度,W为成形件壁厚,H为每沉积一层焊枪自动上升高度,焊丝半径r、成形件壁厚W和每沉积一层焊枪自动上升的高度H为已知数值。

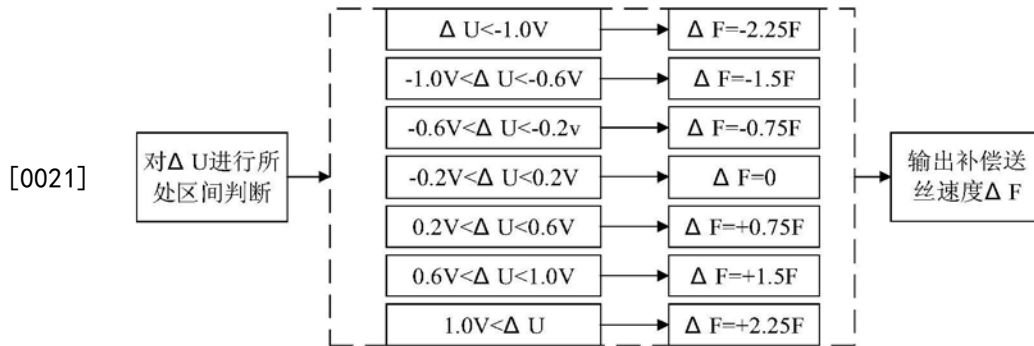
[0016] 两个公式经过变换得到:

$$[0017] \quad F = \frac{TS \cdot W \cdot H}{\pi r^2} .$$

[0018] 优先地,在焊枪的钨针距离基板4mm的情况下进行单道单层焊接,将标准电弧的长度定为4mm,实时记录焊接电流和电压,将焊接电流和电压的记录数据经拟合处理即可得到焊接电流和标准电压的线性回归方程: $U_{\text{标}} = 0.026I + 10.755$,式中 $U_{\text{标}}$ 为标准弧长对应的标准电压,I为焊接电流,利用该线性回归方程可算得不同电流对应的标准电压,将该线性回归方程输入到TIG电弧增材制造数控系统中,TIG电弧增材制造数控系统即机床的操控系统。

[0019] 优先地,焊丝半径r为0.4mm,成形件壁厚W为6mm,每沉积一层焊枪自动上升的高度H为固定值0.5mm,得到理论送丝速度F与增材制造速度TS关系函数为: $F = 5.97TS$ 。

[0020] 优先地,将电压差值 ΔU 按照区间划分,每个区间输出一个对应的补偿送丝速度 ΔF ;通过多次实验验证了相同焊接电流下弧长与电压成正比,在相同电流下实际弧长与标准弧长每变化0.5mm,实际电压与标准电压变化0.4V。设定每沉积一层焊枪自动上升的高度H为0.5mm,且实际弧长与标准弧长相差0.5mm时 ΔU 为0.4V,所以对应的额外送丝速度 $\Delta F = F$,为了减小误差采用少量多次的补偿方法,所以实际弧长与标准弧长差0.5mm时采用补偿送丝速度 $\Delta F = 0.75F$,确定电压差值 ΔU 和补偿送丝速度 ΔF 的关系如下:



[0022] 将电压差值 ΔU 和补偿送丝速度 ΔF 的关系输入到TIG电弧增材制造数控系统中。

[0023] 优先地,搭建TIG电弧增材制造平台,TIG电弧增材制造平台包括米勒Dynasty350-TIG焊机、WF-007A自动送丝机和配备台达CNC300数控系统的三轴数控机床。焊枪固定在数控机床Z轴末端,送丝机通过送丝导嘴输送焊丝。

[0024] 本发明所达到的有益效果:

[0025] 本发明不需要额外添置采集设备,降低了制造成本,解决了通过监测弧长,本发明利用自身系统即可实现对弧长的有效控制和补偿,将弧长始终在合理的范围内,避免了过大的弧长会引起飞溅影响成形质量的情况发生,解决了传统技术中通过调整焊枪上升高度来控制弧长的传统方法无法消除的成形件端面不平整的问题,大大提高了成形件端面平整度和成形件的成形质量。

附图说明

[0026] 图1是本发明的流程图;

[0027] 图2是本发明的示意图。

[0028] 附图标记含义,1-焊枪;2-钨针;3-焊丝;4-沉积件;5-基板;6-工作台。

具体实施方式

[0029] 以下实施例仅用于更加清楚地说明本发明的技术方案,而不能以此来限制本发明的保护范围。

[0030] 搭建TIG电弧增材制造平台,TIG电弧增材制造平台包括焊机、送丝机和机床;

[0031] 建立理论送丝速度F和增材制造速度TS的关系函数;

[0032] 焊接时保持标准弧长不变,在TIG电弧增材制造平台上进行单道单层焊接,通过焊机的显示系统实时记录焊接电流和电压,将记录的焊接电流和电压拟合处理得到焊接电流和电压的线性回归方程,定义标准弧长下线性回归方程中的电压为标准电压;

[0033] 将焊接电流和标准电压的线性回归方程输入TIG电弧增材制造数控系统中;

[0034] 在增材制造过程中,TIG电弧增材制造数控系统根据实时的焊接电流利用线性回归方程计算标准电压,将标准电压与实际电压作差值求出电压差值 ΔU ,将电压差值 ΔU 和补偿送丝速度 ΔF 的关系输入TIG电弧增材制造数控系统中;TIG电弧增材制造数控系统根据电压差值 ΔU 输出对应的补偿送丝速度 ΔF 信号到送丝机中;

[0035] TIG电弧增材制造数控系统利用理论送丝速度F和增材制造速度TS的关系函数计算不同增材制造速度TS对应的理论送丝速度F,并将理论送丝速度F的数值信号输入到送丝

机中,送丝机输出的实际送丝速度为 $F + \Delta F$,完成了对实际送丝速度的调节。

[0036] 进一步地,沉积一层的体积计算公式为: $V = F \times t \times \pi r^2$,沉积一层的体积也可用公式 $V = TS \times W \times H \times t$ 来表达,其中, F 为理论送丝速度; t 为沉积一层所用时间, r 为焊丝半径, TS 为增材制造速度, W 为成形件壁厚, H 为每沉积一层焊枪自动上升高度,焊丝半径 r 、成形件壁厚 W 和每沉积一层焊枪自动上升的高度 H 为已知数值。

[0037] 两个公式经过变换得到:

$$[0038] \quad F = \frac{TS \cdot W \cdot H}{\pi r^2}。$$

[0039] 进一步地,在焊枪的钨针距离基板4mm的情况下进行单道单层焊接,将标准电弧的长度定为4mm,实时记录焊接电流和电压:

	焊接电流/A	电压/V	电流/A	电压/V
	80	13.0	150	14.4
	90	13.3	160	14.8
[0040]	100	13.6	170	15.0
	110	13.9	180	15.3
	120	13.8	190	15.7
	130	13.9	200	16.2
	140	14.1	210	16.6

[0041] 将焊接电流和电压的记录数据经拟合处理即可得到焊接电流和标准电压的线性回归方程: $U_{\text{标}} = 0.026I + 10.755$,式中 $U_{\text{标}}$ 为标准弧长对应的标准电压, I 为焊接电流,利用该线性回归方程可算得不同电流对应的标准电压,将该线性回归方程输入到TIG电弧增材制造数控系统中,TIG电弧增材制造数控系统即机床的操控系统。

[0042] 进一步地,焊丝半径 r 为0.4mm,成形件壁厚 W 为6mm,每沉积一层焊枪自动上升高度 H 为固定值0.5mm,得到理论送丝速度 F 与增材制造速度 TS 关系函数为: $F = 5.97TS$ 。

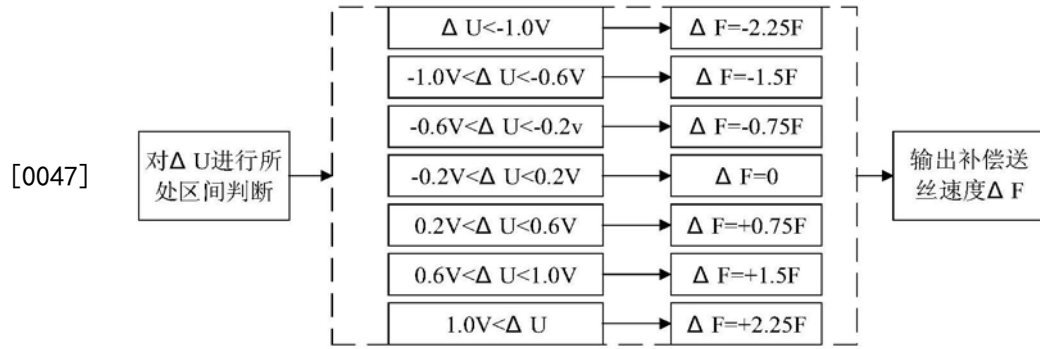
[0043] 进一步地,将电压差值 ΔU 按照区间划分,每个区间输出一个对应的补偿送丝速度 ΔF ;

[0044] 将焊接电流设置为100A,分别调节钨针距离基板3mm、4mm、5mm、6mm和7mm进行单道单层焊接,实验数据如下:

	弧长/mm	3	4	5	6	7
[0045]	电压/V	12.9	13.6	14.4	15.2	16.1

[0046] 通过实验验证了相同焊接电流下弧长与电压成正比,在相同电流下实际弧长与标准弧长每变化0.5mm,实际电压与标准电压变化0.4V。设定每沉积一层焊枪自动上升的高度 H 为0.5mm,且实际弧长与标准弧长相差0.5mm时 ΔU 为0.4V,所以对应的额外送丝速度 $\Delta F = F$,为了减小误差采用少量多次的补偿方法,所以实际弧长与标准弧长差0.5mm时采用补偿

送丝速度 $\Delta F=0.75F$ ，确定电压差值 ΔU 和补偿送丝速度 ΔF 的关系如下：



[0048] 将电压差值 ΔU 和补偿送丝速度 ΔF 的关系输入到TIG电弧增材制造数控系统中。

[0049] 进一步地，搭建TIG电弧增材制造平台，TIG电弧增材制造平台包括米勒Dynasty350-TIG焊机、WF-007A自动送丝机和配备台达CNC300数控系统的三轴数控机床。焊枪固定在数控机床Z轴末端，送丝机通过送丝导嘴输送焊丝，将基板固定在机床的工作台上。

[0050] 以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明技术原理的前提下，还可以做出若干改进和变形，这些改进和变形也应视为本发明的保护范围。

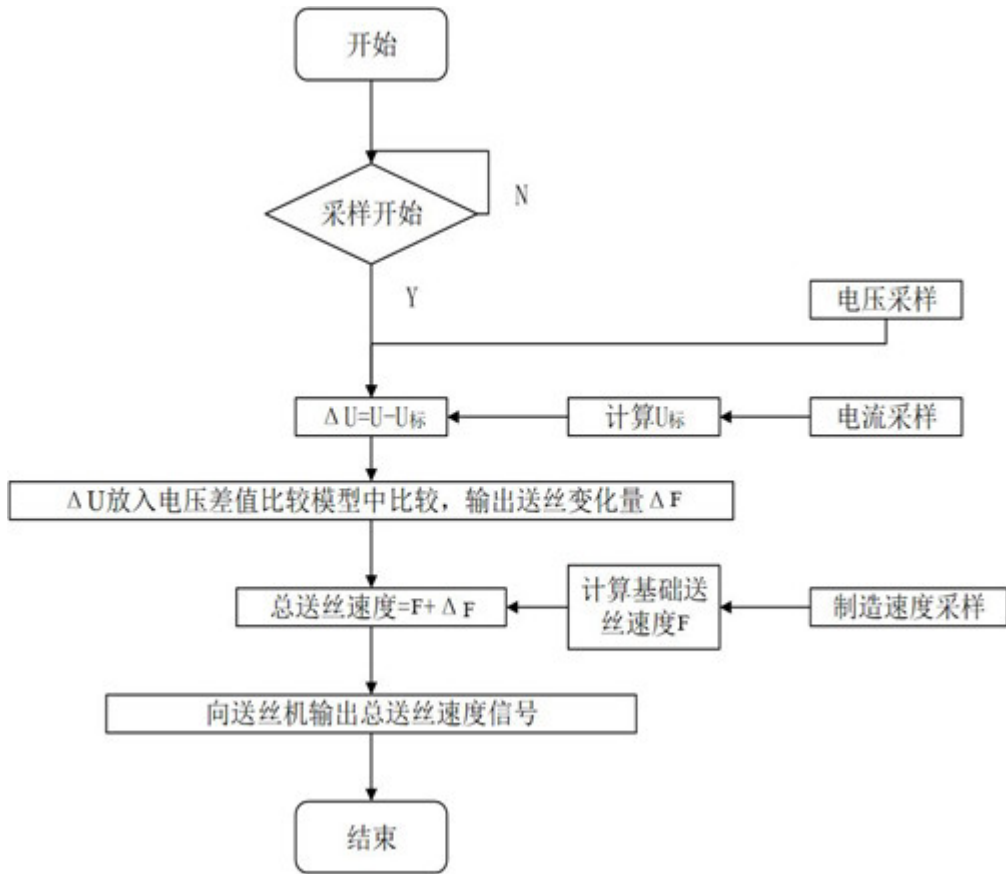


图1

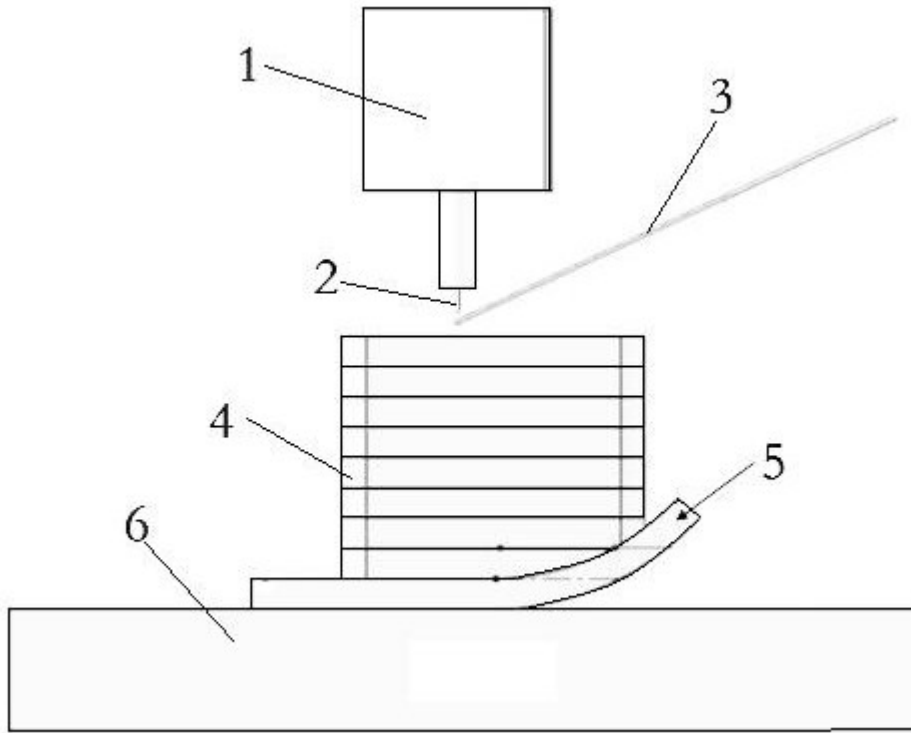


图2