



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101975622 A

(43) 申请公布日 2011. 02. 16

(21) 申请号 201010276642. 6

(22) 申请日 2010. 09. 08

(71) 申请人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路 15 号

(72) 发明人 虞钢 赵树森 郑彩云 何秀丽 宁伟健

(74) 专利代理机构 北京中创阳光知识产权代理有限公司 11003

代理人 尹振启 马知非

(51) Int. Cl.

G01K 7/04 (2006. 01)

G01K 7/16 (2006. 01)

G01J 5/00 (2006. 01)

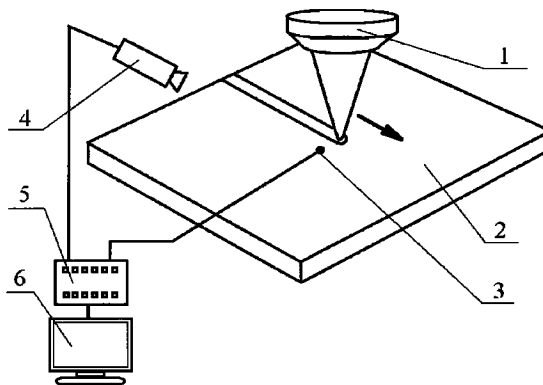
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种激光制造过程零部件温度的测量方法

(57) 摘要

一种激光制造过程零部件温度的测量方法，其特征为，将接触式测温与非接触式测温方式相结合，采用非接触式测温方法对目标面、线、点进行测量，同时采用接触式测量元件对非接触式测量范围中某一位置进行测量，将同一测点的接触式与非接触式测量数据进行对比，以接触式测量数据为基准，修正非接触式测量相关参数与定量关系，从而对非接触式测量的面、线、点测量结果进行校正。该方法将接触式测温与非接触式测温相结合，并将两种测量方式获取的数据相互验证，增加了数据的可靠性，同时能够获取较为完整的温度分布信息。



1. 一种激光制造过程零部件温度的测量方法,其特征为,将接触式测温与非接触式测温方式相结合,采用非接触式测温方法对目标面、线及点进行测量,同时采用接触式测量元件对非接触式测量范围中某一位置进行测量,将同一测点的接触式与非接触式测量数据进行对比,以接触式测量数据为基准,修正非接触式测量相关参数与定量关系,从而对非接触式测量的面、线及点测量结果进行校正。此外,采用接触式测温方法测量非接触式难以测量的测点温度,与非接触式测温数据构成完整的零部件温度分布信息。

2. 根据权利要求1中所述测量方法,其特征为,同时使用接触式与非接触式两种测温方式,所述非接触式测温方法测取目标面、线、点的温度分布及变化,所述接触式测温方法测取其中某一点的温度变化,所述非接触式测温区域包含接触式测温的测点。

3. 根据权利要求1中所述测量方法,其特征为,所述接触式测温方式为热电偶、热电阻测温方式;所述非接触式测温方式为红外测温、红外热像仪测温方式。

4. 根据权利要求1中所述测量方法,其特征为,测温过程中,所述接触式测温元件可以布置在所述非接触式难以测量的位置。

5. 根据权利要求4中所述测量方法,其特征为,所述接触式测温元件可以布置在零件内部。

一种激光制造过程零部件温度的测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于测量激光制造过程零件温度分布的方法。

背景技术

[0002] 激光制造过程中,零部件的温度分布与变化决定了其应力与应变场,同时温度场还与冶金、结晶、相变过程有着不可分割的联系,是影响制造质量和焊接生产率的主要因素。准确测量激光制造过程的热循环,对与制造机理、力学分析、显微组织分析以及最终的制造质量控制具有重要意义。

[0003] 现有技术中,对于激光制造过程(比如激光焊接、激光成形等过程)零部件温度场的测量采用的方法主要有接触式测量与非接触方式测量两种。接触式测量通常有热电偶、热电阻等测温方法,这种测温方法测量精度高、响应快、结构简单,但是只能单点测量,不能反映温度场,且不容易测量熔池温度。非接触测量主要有红外测温、红外成像等方法。发明专利 CN101391344A 提出对熔池进行拍照,对照片进行灰度处理,对比已有的灰度-温度关系获取熔池二维温度分布。但是文献(刘黎明,等. 镁合金 AZ31 焊接温度场的红外测量和数值模拟 [J]. 中国科学 E 辑, 2006, 36(1): 29 ~ 38) 指出非接触测量容易受到被测件表面质量的影响,在激光制造过程中,零部件表面状态很容易发生变化,通常需要对测量结果进行校正。此外,非接触式测量方法无法获取零件内部温度数据。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种能够准确、可靠、全面地测量激光制造过程中零部件温度的测量方法。

[0005] 一种激光制造过程零部件温度的测量方法,将接触式测温与非接触式测温方式相结合,采用非接触式测温方法对目标面、线及点进行测量,同时采用接触式测量元件对非接触式测量范围中某一位置进行测量,将同一测点的接触式与非接触式测量数据进行对比,以接触式测量数据为基准,修正非接触式测量相关参数与定量关系,从而对非接触式测量的面、线及点测量结果进行校正。此外,采用接触式测温方法测量非接触式难以测量的测点温度,与非接触式测温数据构成完整的零部件温度分布信息。

[0006] 进一步,同时使用接触式与非接触式两种测温方式,所述非接触式测温方法测取目标面、线、点的温度分布及变化,所述接触式测温方法测取其中某一点的温度变化,所述非接触式测温区域包含接触式测温的测点。

[0007] 进一步,所述接触式测温方式为热电偶、热电阻测温方式;所述非接触式测温方式为红外测温、红外热像仪测温方式。

[0008] 进一步,测温过程中,所述接触式测温元件可以布置在所述非接触式难以测量的位置。

[0009] 进一步,所述接触式测温元件可以布置在零件内部。

[0010] 本发明提出采用接触与非接触式相结合的方法,测量激光制造过程中的零件温度

分布,采用非接触式测取指定位置,包括面、线以及点的温度,接触式测温方法测取关键点(包括零部件内部)的温度变化。两种测量方式获取的数据相互验证,增加了数据的可靠性,同时能够获取较为完整的温度分布信息。

附图说明

- [0011] 图 1 接触式与非接触式结合测温方法示意图;
- [0012] 图 2 钛合金与合金钢搭接焊温度测试示意图;
- [0013] 图 3 红外测温与热电偶测温数据对比;
- [0014] 图 4 红外测温与热电偶测温拟合曲线;
- [0015] 图 5 激光直接成形过程温度监测示意图;
- [0016] 图 6 激光成形关键点温度测量数据。

具体实施方式

[0017] 在激光制造过程中,零部件的温度场是影响制造质量与效率的重要因素,因此本发明提出采用接触与非接触式测温相结合的方法,测量激光制造过程中的零件温度分布与变化。

[0018] 如图 1 所示,激光从激光头 1 输出,作用在加工零部件 2 上,对零部件上某关键点布置接触式测温元件 3 进行温度监测,接触式测温元件可以采用热电偶、热电阻等。同时,采用非接触式测温装置 4 监测零部件目标面、线及点的温度变化,其中必须包括测温元件 3 监测的测点。测温装置可以使红外测温仪、红外热像仪等非接触式测温设备。

[0019] 由于红外测温过程易受零部件表面状态的影响,所测量到的温度数值与表面红外线的放射功率之间存在着一定的非线性关系,不同的金属材料其红外放射功率是不相同的,在进行激光加工的前序过程中不同的预处理方式也会导致相同材质工件的红外放射功率不尽相同。因此,在非接触测量中,同时关注接触式测温所得到的温度数据,并将两种测量方法获取的同一点的温度数据通过采集卡 5 进行采集,并传输到计算机 6 中。针对同一测量点,通过对两种温度测量方法获取的温度数据进行对比,以接触式测量获取的温度数据为基准,对红外测温的发射率系数进行修正,并获取红外测温与真实温度(接触式测量获得)之间的定量关系。

[0020] 此外,在某些零件的激光制造过程中,需要了解零部件内部的温度变化,这就需要在零件上打孔,在孔中安装接触式测温元件,对零部件内部温度数据进行测量。

[0021] 下面结合附图对本发明作进一步详细描述:

[0022] 如图 1 所示,激光从激光头 1 输出,辐照在加工零部件 2 上。对于某关键位置,同时采用接触式测温元件 3 与非接触测温装置 4 进行温度监测,接触式测温元件 3 通常为热电偶与热电阻等,测点位置尽可能避免选在激光扫描中心线上,因为激光加载区域温度较高,材料熔化形成熔池,容易造成接触式测温元件的脱落,测点位置可选在离熔池边缘 3~5mm 处。

[0023] 对于非接触式测温,通常采用红外测温方法,由红外测温原理可知,辐射测量表面温度与为表面发射率密切相关。因此,在红外测温过程中,为得到准确的温度数据,必须对材料的发射率进行修正。

[0024] 针对同一测点,将通过接触式测温与非接触式测温得到的两路信号通过采集卡 5 输入计算机 6,在计算机 6 中对两路数据进行对比分析,以接触式测温数据为基准,通过统计方法,比如最小二乘方法,对被测表面发射率进行修正,两路信号数据误差平方和最小时所对应的表面发射率为最佳值。此外,通过应用数值拟合的方法,比如线性拟合、多项式拟合等,求取红外测温与真实温度(接触式测量获得)之间的定量关系。从而将表面发射率以及红外测温与真实温度之间的定量关系应用到其他点或区域的红外温度数据中,可以获得准确而全面的温度场信息。

[0025] 实施例 1:接触式测量装置设置于零件表面的温度测量

[0026] 钛合金与合金钢的激光搭接焊过程中的温度测量:在焊接过程中,测取关键位置温度变化规律,焊接材料为钛合金 Ti-6Al-4V 与合金钢 42CrMo,如图 2 所示。激光从激光头 21 输出,辐照在钛合金 26 表面上,在测点上布置热电偶 22,同时采用非接触式红外测温仪 23 监测该点的温度变化,将两路信号通过采集卡 24,读入计算机 25 进行分析对比。以接触式热电偶测温数据为基准,确定红外测温所采用的发射率以及红外测温数据与热电偶测温数据的定量关系。

[0027] 在本实施例中,焊接方式为激光搭接焊,钛合金 Ti-6Al-4V 置于上层,合金钢 42CrMo 置于下层,所用激光器为德国 HAAS 公司的 HLD1001.5 工业用 Nd-YAG 连续激光器,最大功率为 1000W。接触测温装置采用 k 系列热电偶,测温范围:室温~1000℃,误差 1.5℃。非接触测温装置采用英国 LAND 公司的 System 4 型红外测温仪,该仪器的监测波长 2.4 μm 的电磁波,测温范围为 150~550℃。实验采用工艺参数为:功率 1000W,焊接扫描速度 1mm/s,离焦量为 -1mm,光斑直径 0.24mm,测点位置距扫描轨迹中心 4mm 处。将该测点的两路温度信号通过采集卡上传到计算机。以热电偶测得温度为基准对比分析两路温度数据的,得到当发射率 ϵ 取 0.26 时,红外测温与热电偶测温数据最符合,如图 3 所示。此外,对两路温度信号通过最小二乘方法进行拟合,得:

$$[0028] \quad T_{\text{红}} = 0.9158T_{\text{热}} + 3.4341$$

[0029] 如图 4 所示。如此通过两路温度信号的对比与拟合,可以得到更为可靠的温度数据。

[0030] 实施例 2:接触式测量装置设置于零件内部的温度测量

[0031] 本实施例为在激光成形过程中,采用同轴送粉方式,图 5 所示为激光成形过程温度测试剖面示意图。激光光束与粉末 31 相互作用,逐层扫描,形成壁板。在成形过程中同时监测基底 33 与成形材料 32 关键位置的温度变化。采用铠装热电偶 34 对基底内部温度监测。对于成型材料关键位置的温度监测,由于成形是粉末的动态添加与冶金过程,无法采用接触式测量方式,因此采用红外测温 35 对成形材料上某一固定点进行温度监测,然后对成形材料的发射率,以及红外测温与接触测温的定量关系进行实验校正,方法同实施例 1。将三路温度信号通过采集卡 36 进行采集,读入计算机 37 进行数据处理。

[0032] 本实施例中,成形基体为 410 钢,成形粉末为不锈钢 SS410 粉末。激光器采用德国 HAAS 公司的 HLD1001.5 工业用 Nd-YAG 连续激光器,最大功率为 1000W。接触测温装置采用 k 系列铠装热电偶,测温范围:室温~1000℃,误差 1.5℃。非接触测温装置采用英国 LAND 公司红外测温设备为 Cyclops 100 型便携式高温仪,测温范围 550℃~3000℃。实验采用工艺参数为:功率 500W,离焦量 9mm,层高 0.1mm,成形层数 286 层,激光扫描速度 2.5mm/s,

预热扫描循环次数 30, 送粉率 0.72g/min, 测点 I 位置为基体表面下方 5mm 处, 位于扫描轨迹的中心, 测点 II 位置为基体表面下方 5mm 处, 位于扫描轨迹的端点, 测点 III 位置为成形材料上, 距离基体表面 2mm 处, 位于扫描轨迹的中心。

[0033] 激光加载结束后, 将 k 系列热电偶安装到测点 III 上, 对测点 III 进行测温, 由于在激光结束加载才开始用热电偶对该点进行测温, 因此在图中以灰色虚线加以标识。将激光结束加载后测点 III 的红外测温数据与热电偶测温数据进行比较, 修正红外测温仪的发射率为 0.45, 同时得到红外测温与热电偶测温的拟合关系:

$$[0034] \quad T_{\text{红}} = 1.1204T_{\text{热}} - 14.3821$$

[0035] 将红外测温得到的数据通过拟合关系换算为热电偶数据, 并将其输出, 如图 6 所示。

[0036] 可见, 通过将接触式与非接触式测温方法结合起来, 既可以相互验证, 保证数据的可靠性, 又可以获得比较完整的零部件温度分布数据。

[0037] 本发明中所公开的方法, 不仅仅适用与激光加工领域, 在任何温度检测领域均适用。

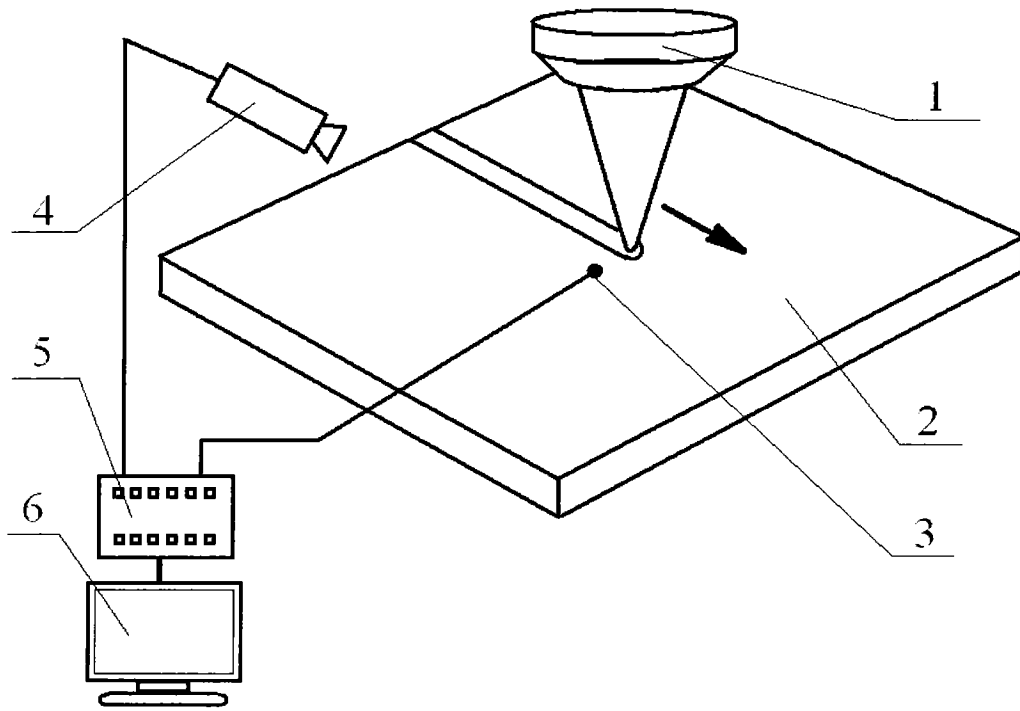


图 1

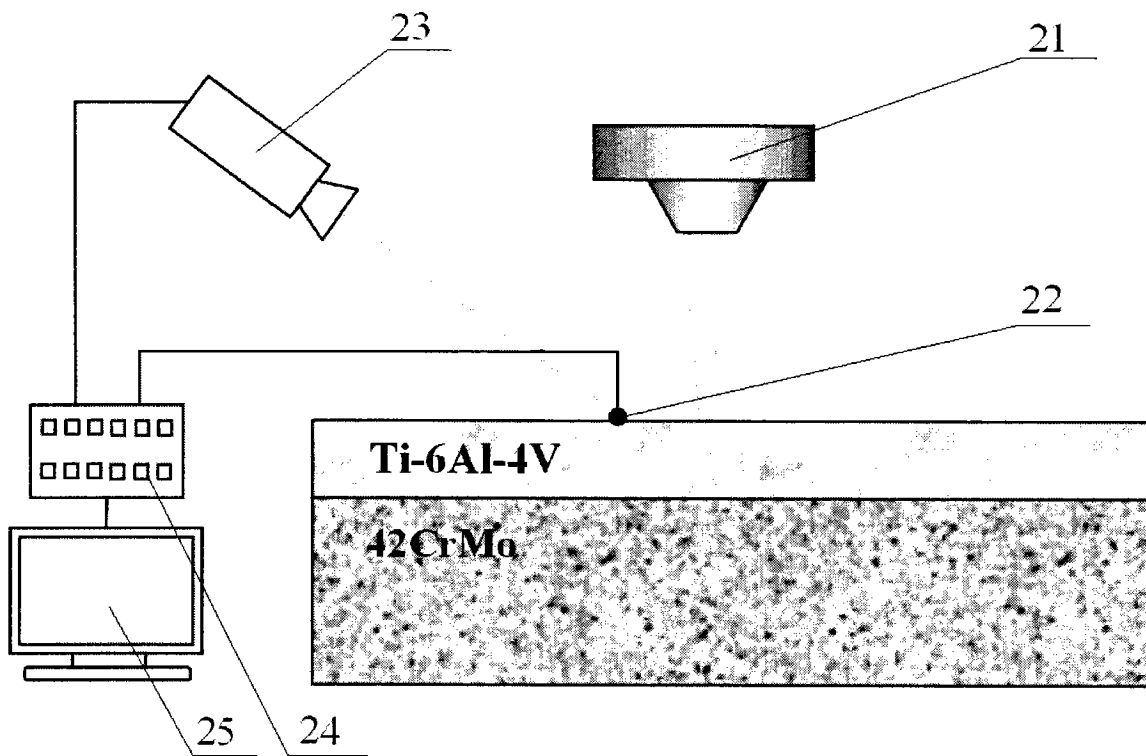


图 2

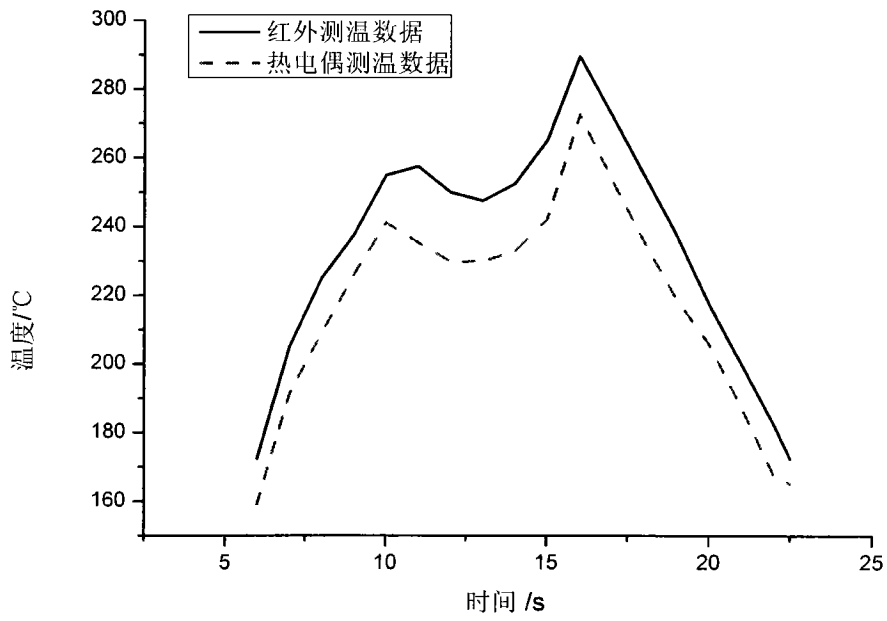


图 3

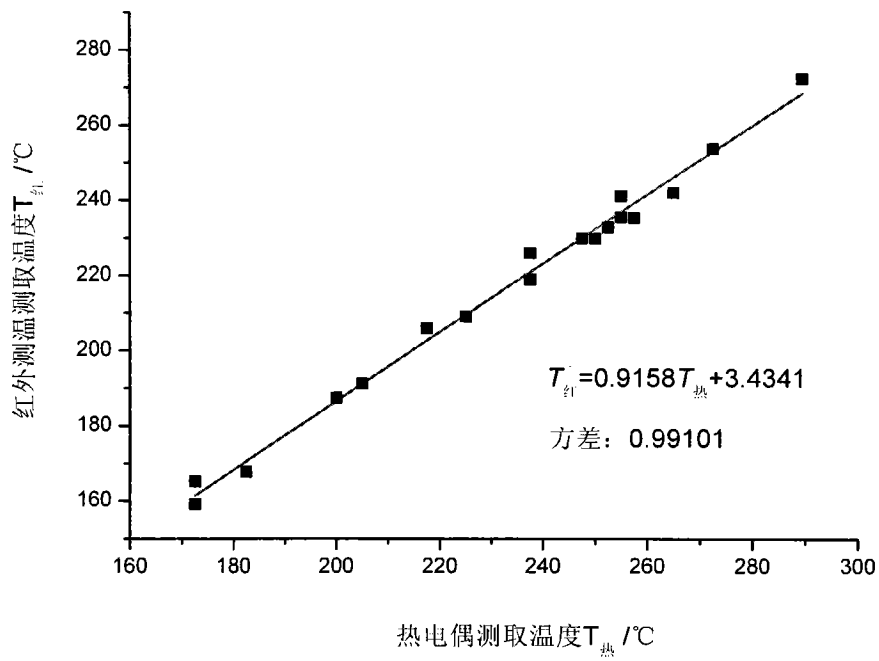


图 4

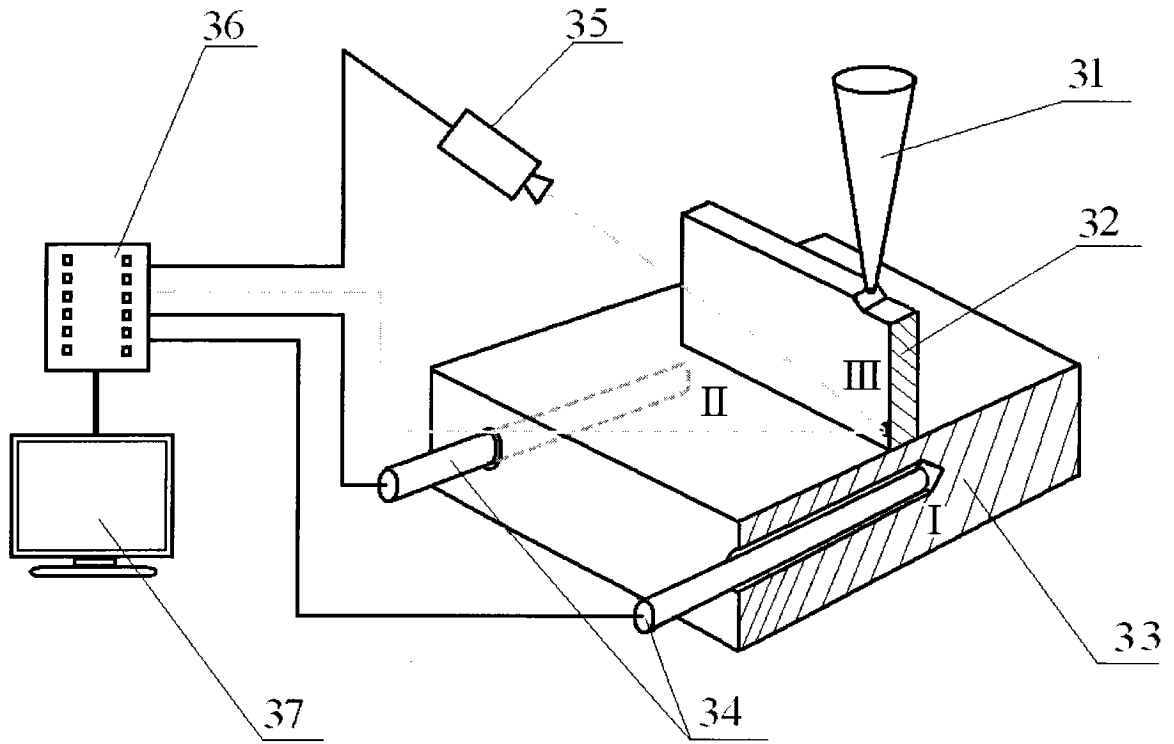


图 5

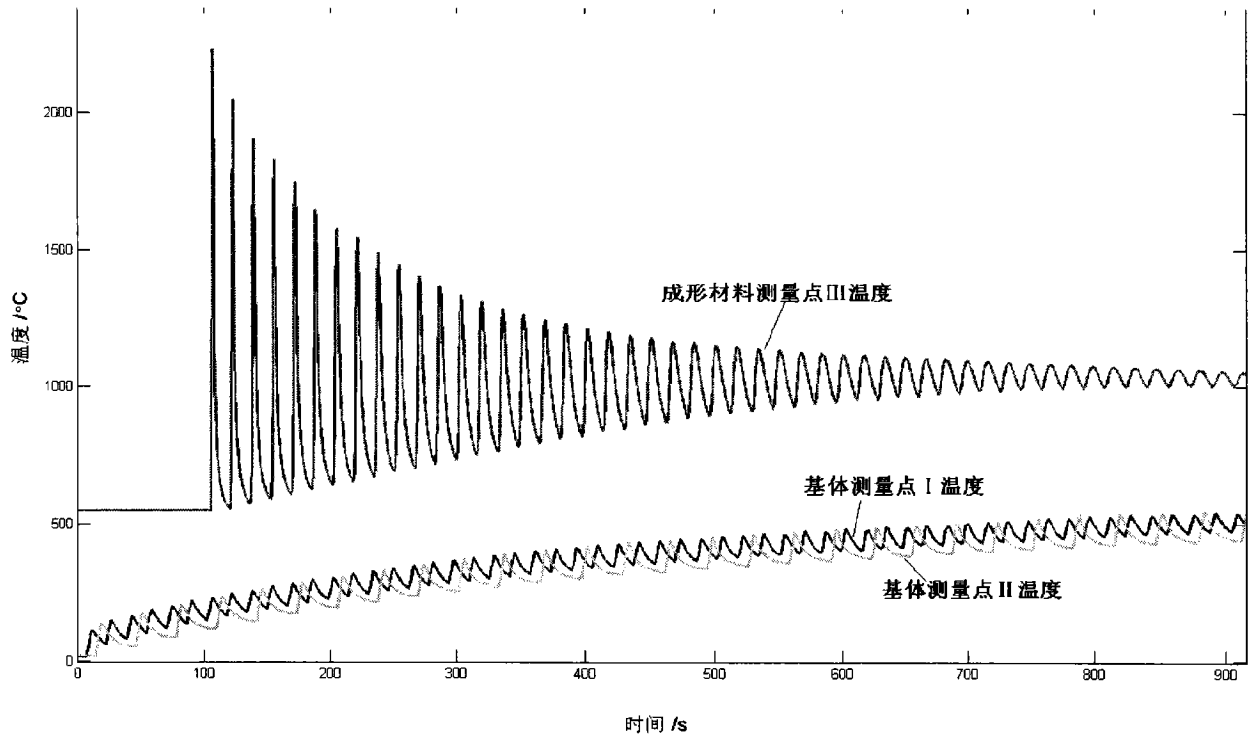


图 6