

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C23C 24/10 (2006.01)

B23K 26/34 (2006.01)



[12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200720085226.1

[45] 授权公告日 2008 年 4 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 201053030Y

[22] 申请日 2007.6.13

[21] 申请号 200720085226.1

[73] 专利权人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞瑜路
1037 号

[72] 发明人 曾晓雁 胡乾午 周圣丰 黄永俊

[74] 专利代理机构 华中科技大学专利中心
代理人 曹葆青

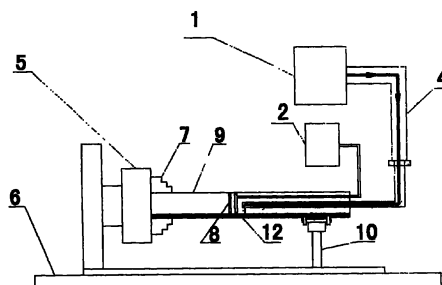
权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 3 页

[54] 实用新型名称

一种激光感应复合熔覆制备材料涂层的装置

[57] 摘要

本实用新型公开了一种激光感应复合熔覆高性能材料涂层的装置。本实用新型将激光束与高频电磁感应加热耦合起来，实现激光与感应加热复合熔覆的过程。装置包括激光器、激光导光装置、激光聚集装置、高频感应加热器、数控机床和工件夹持装置。工作时，工件待处理表面上的涂层与感应加热线圈之间的距离为 1-10 毫米。本实用新型通用性强，可在各种材质的实心部件的表面及管状零件的内外表面进行激光感应复合熔覆高性能材料涂层的表面处理，熔覆方法的特征在于利用热喷涂、冷喷涂或超音速火焰喷涂效率高的优点，并将感应加热与激光熔覆同步进行，最大熔覆线速度达 0.5-10 米/分钟，熔覆速度比常规激光熔覆提高了 1-10 倍，粉末沉积率比现有的激光熔覆的沉积率提高了 1-15 倍，而且熔覆层无气孔与裂纹。



1、一种激光感应复合熔覆制备材料涂层的装置，包括激光器、激光导光装置、激光聚焦装置、数控机床与工件夹持装置，激光器、激光导光装置和激光聚焦装置位于同一光路上，激光器发射出来的激光束经激光导光装置传输到激光聚焦装置，经聚焦后照射至待加工工件表面的预置涂层，导气管的出气口位于激光聚焦装置的出光口处，工件夹持装置安装在数控机床上；其特征在于：

该装置还包括高频感应加热器（2），感应加热线圈（8）与高频感应加热器（2）相连，工作时，感应加热线圈与待加工工件的涂层之间的距离为1-10毫米。

2、根据权利要求1所述的装置，其特征在于：工件夹持装置由一对旋转工作台（5）、（5）'和一对三爪卡盘（7）、（7）'构成；旋转工作台（5）、（5）'安装在数控机床（6）上，三爪卡盘（7）、（7）'分别安装在旋转工作台（5）、（5）'；二个三爪卡盘（7）、（7）'将待加工工件（9）的两端固定。

3、根据权利要求1所述的装置，其特征在于：工件夹持装置由旋转工作台（5）、三爪卡盘（7）和顶针（10）构成；旋转工作台（5）固定在数控机床（6）上，旋转工作台（5）上安装有三爪卡盘（7）；顶针（10）固定在数控机床（6）上，其位置与三爪卡盘（7）相对；三爪卡盘（7）和顶针（10）用于夹持待加工工件（9）。

4、根据权利要求3所述的装置，其特征在于：感应加热线圈（8）和激光聚焦装置（3）的出光口应位于待加工工件（9）的内壁内，激光导光装置（3）由“└”型的导光管（15）和两个反射镜（13）与（14）构成；第一反射镜（14）位于导光管（15）的拐角处，第二反射镜（13）位于导光管（15）出光端，反射镜（13）、（14）的镜面相互平行，并且与激光光轴的夹角均为45°。

5、根据权利要求3所述的装置，其特征在于：在感应加热线圈（8）上安装有导磁体（16）。

一种激光感应复合熔覆制备材料涂层的装置

技术领域

本实用新型属于激光加工技术领域，具体涉及一种激光感应复合熔覆制备材料涂层的装置。

背景技术

激光熔覆技术是采用高能量密度的激光束在工件表面熔覆一层特殊性能的材料，以改善其表面性能的工艺。与传统的堆焊与热喷涂工艺相比，激光熔覆技术具有如下优点：(1)激光束光斑小且能量密度高，在熔覆过程中可以将工件的热影响区与热变形降低到最小程度；(2)通过调节工艺参数，可以获得稀释率小于 10%的熔覆层；(3)熔覆层与基材为冶金结合，结合强度高，不易剥落；(4)通过专门设计的激光导光装置，可以对深孔、内孔和凹槽等部位进行激光熔覆处理，结合多道多层技术可以获得满足不同尺寸要求的熔覆涂层；(5)激光熔覆技术对环境无污染，自动化程度高。因此，在汽车、冶金、航空航天、船舶、轨道运输等领域具有十分广阔的应用前景。

然而，到目前为止，激光熔覆技术在工业中的应用程度并未达到早期预想的目标，主要原因包括：(1)高功率激光加工设备的一次性投资较大，且维护费用昂贵；(2)激光熔覆效率远低于传统工艺，如堆焊与热喷涂，因此单位面积涂层的制造成本偏高；(3)虽然可以将激光与热喷涂结合起来实现激光热喷涂复合熔覆技术(J. Suutala, J. Tuominen, P. Vuoristo. Laser-assisted spraying and laser treatment of thermally sprayed coatings, *Surface & coatings Technology*, 201 (2006):1981-1987)，使激光熔覆效率提高，但由于激光熔覆过程的快速加热与快速冷却凝固、热应力大的特点，在大块材料表面进行激光熔覆时，熔覆层极易产生裂纹。特别是在可焊性差的基材表面，裂纹问题一直是激光熔覆层难以逾越的障

碍之一，制约了该技术的工业化应用。

对基材进行预热处理，降低熔覆层的冷却速度及与基材间的温度梯度，被认为是消除裂纹的最有利方法。Yoshiwara 与 Kawaname(Method for surface alloying metal with a high density energy beam and an alloy steel, United States, United States Patent, 4750947, 1988)采用加热炉或氧乙炔火焰将工件预热到 600-800℃，在激光熔覆速度达 5.4 米/分钟的情况下，获得了无裂纹的熔覆层。这种采用预热的激光熔覆技术与单纯的激光熔覆技术相比较，在相同工艺参数条件下熔覆效率提高了 225%。但是，对于形状复杂与尺寸大的工件，预热时需要复杂的加热炉，而且长时间的保温在工件表面会产生氧化皮，严重影响激光熔覆层的质量。此外，经过预热之后在高温的环境中装卸与夹持工件也很不方便，不但工作效率低，还容易灼伤操作人员。而采用氧乙炔火焰进行预热，工件的受热过程慢，热影响区较大，导致基材组织粗大，机械性能恶化。此外，采用上述两种方法只能够对外观简单的零部件进行激光熔覆加工，无法对复杂零部件或者空心部件的内壁进行激光熔覆处理。而且在激光熔覆处理的同时无法对难焊接或大型工件进行后热缓冷处理，因此，其装置的通用性不强。

近年来，操作方便的感应加热熔覆技术，引起了人们的广泛兴趣。感应熔覆加工技术可以获得大面积的熔覆层，生产成本低，效率高。该技术的不足之处在于：(1) 待熔覆材料需要预涂于基材表面，熔覆准备工作量较大；(2) 熔化必须控制在液-固两相之间，易出现熔覆层流失，因而熔覆层的致密性稍差；(3) 感应熔覆过程中，所能够达到的最高温度有限，因此对于一些高熔点的合金层难以实现熔覆加工；(4) 单纯感应熔覆所需要消耗的能量大，易产生基体过热，产品质量不易控制。

发明内容

本实用新型的目的在于提供激光感应复合熔覆制备材料涂层的装置，该装置通用性较强，可以对实心部件的表面及空心部件的内外表面进行激光熔覆处理。

本实用新型提供的激光感应复合熔覆制备材料涂层的装置包括激光器、激光导光装置、激光聚焦装置、数控机床与工件夹持装置，激光器、激光导光装置和激光聚焦装置位于同一光路上，激光器发射出来的激光束经激光导光装置传输到激光聚焦装置，经聚焦后照射至工件表面的预置涂层，导气管的出气口位于激光聚焦装置的出光口处，工件夹持装置安装在数控机床上；其特征在于：该装置还包括高频感应加热器，感应加热线圈与高频感应加热器相连，工作时，感应加热线圈与待加工工件涂层之间的距离为1-10毫米。

本实用新型避免了常规加热方法（如加热炉或气体火焰等）预热实现激光熔覆时存在的效率低、易造成重要部件损坏等问题，利用热喷涂、冷喷涂以及超音速火焰喷涂技术效率高的优点，将高能激光束与高频电磁感应加热器结合起来，实现激光与感应加热复合熔覆的过程。与单纯的激光熔覆技术或感应熔覆技术等工艺方法相比，本实用新型具有以下技术效果：

(1) 本实用新型的感应加热装置结构简单，使用方便，开启迅速，可以避免常规加热方法如加热炉或气体火焰等易造成重要部件损坏以及熔覆效率低的问题；

(2) 本实用新型中的感应加热器由单匝或多匝感应加热线圈组成，感应加热线圈的形状为圆环或一段圆弧，安装定位方便；感应加热器可以对工件完成预热、后热或预热与后热同时进行的加热处理；被加热的工件不需要与感应加热线圈接触，加热时间短，装卸方便。具体而言，感应加热源的引入实际上有两个优点：一是对工件实现预热，使工件的温度提高之后，激光的能量主要消耗在熔合金粉末上，因此激光能量利用率大大提高，熔覆速度也可以得到大幅度提升，达到0.5-10米/分钟甚至更高，比现有的激光熔覆的速度提高了1-10倍。粉末沉积率为1-15千克/小时，比现有的激光熔覆的沉积率提高了1-15倍；二是感应加热线圈可以对激光熔覆之后的工件表面实现后热缓冷，降低其冷却速度，因此可以减少熔覆层的开裂敏感性，提高熔覆层的质量和性能。

(3) 采用本实用新型装置易于将需要加热的区域限定在工件的局部区

域，而不必对工件进行整体加热，因此对工件的尺寸、形状、需要处理的部位无限制。

(4) 可以制备各种高性能涂层，例如高温合金涂层、耐磨合金涂层或者金属陶瓷复合涂层等。其中陶瓷相的质量百分含量高达 70%，而且整个金属陶瓷复合涂层与基材呈冶金结合，且几乎不产生气孔与裂纹。

(5) 对于可焊性差的材质如高铬铸铁、锻钢与高碳高合金钢等，利用本实用新型装置可以获得无气孔、无裂纹、高性能的材料涂层。因此，对于加工大尺寸工件如大型轧辊、曲轴与管状零件等优势十分明显，应用前景十分广阔。本实用新型可用于各种实心部件的表面与空心部件内外壁的表面处理。

附图说明

图 1a 为激光束定位到感应加热线圈之间时对空心部件的外表面进行激光感应复合熔覆高性能材料涂层的装置示意图；

图 1b 为激光束定位到感应加热线圈之后时对空心部件的外表面进行激光感应复合熔覆高性能材料涂层的装置示意图；

图 2 为专用于空心部件外表面激光感应复合熔覆装置各个主要部件的布置示意图；

图 3 为专用于实心部件表面激光感应复合熔覆的半圆形感应加热线圈与工件的布置示意图；

图 4 为对实心部件表面进行激光感应复合熔覆高性能材料涂层的装置示意图；

图 5 为对空心部件内表面进行激光感应复合熔覆高性能材料涂层的装置示意图；

图 6 为专用于空心部件内表面激光感应复合熔覆高性能材料涂层的激光导光装置示意图；

图 7 为专用于空心部件内表面激光感应复合熔覆装置各个主要部件的布置示意图；

具体实施方式

下面结合附图和实例对本实用新型作进一步详细的说明。

如图 1a 与 1b 所示的装置，本实用新型装置包括激光器 1、激光导光装置 4、激光聚焦装置 3、高频感应加热器 2、数控机床 6 与工件夹持装置。

激光器 1、激光导光装置 4 和激光聚焦装置 3 位于同一光路上，激光器 1 发射出来的激光束经激光导光装置 4 传输到激光聚焦装置 3，经聚焦后照射至待加工工件表面的预置涂层。

感应加热线圈 8 与高频感应加热器 2 相连，用于对待加工工件 9 进行加热。导气管 11 的出气口位于激光聚焦装置 3 的出光口处，在导气管 11 中通入保护气体，可避免待加工工件氧化。

工件夹持装置安装在数控机床 6 上，数控机床 6 可以采用三轴或四轴联动的数控机床。工件夹持装置由旋转工作台 5、三爪卡盘 7 和顶针 10 构成。旋转工作台 5 固定在数控机床 6 上，旋转工作台 5 上安装有三爪卡盘 7。顶针 10 固定在数控机床 6 上，其位置与三爪卡盘 7 相对。三爪卡盘 7 和顶针 10 用于夹持待加工工件 9。

如图 2 所示，激光感应复合熔覆时，感应加热线圈 8 套在待加工工件 9 外，感应加热线圈 8 与待加工工件 9 外表面涂层之间的距离为 1-10 毫米。加工完成后，在待加工工件 9 的外壁形成高性能熔覆材料层 12。

感应加热线圈 8 可以是单匝或多匝，线圈的形状可以是圆形（如图 2 所示）或半圆环形（如图 3 所示）。为操作方便，半圆环形多匝感应加热线圈 8 位于待加工工件 9 的下方，激光束的出光口位于待加工工件 9 的上方，并定位到感应加热区，也可以实现预热与后热同时进行的激光熔覆处理。

对于大型的管状工件或实心部件，如图 4 所示，工件夹持装置由一对旋转工作台 5、5' 和一对三爪卡盘 7、7' 构成。旋转工作台 5、5' 安装在数控机床 6 上，三爪卡盘 7、7' 分别安装在旋转工作台 5、5'。二个三爪卡盘 7、7' 将待加工工件 9 的两端固定，旋转工作台 5、5' 带动待加工工件 9 旋转，并随数控机床 6 一起移动。

如图 5 所示，当对待加工工件的内壁进行处理时，感应加热线圈 8 和激光聚焦装置 3 的出光口应位于待加工工件 9 的内壁内，感应加热线圈 8

与待加工工件 9 的内壁涂层间的距离为 1-10 毫米。需要利用专用的激光导光装置将激光束引入管件内腔。激光导光装置 4 如图 6 所示, 由“—┘”型的导光管 15 和两个反射镜 13 与 14 构成。第一反射镜 14 位于导光管 15 的拐角处, 第二反射镜 13 位于导光管 15 出光端, 反射镜 13、14 的镜面相互平行, 并且与激光光轴的夹角均为 45° 。激光器 1 发射出的激光束经导光装置 4 传输到激光聚焦装置 3 聚焦后辐照在待加工工件 9 的涂层表面。

如图 7 所示, 为提高感应加热线圈 8 对待加工工件 9 的加热效率, 在感应加热线圈 8 上安装有导磁体 16。

实例:

实例 1:

选择连续 CO_2 激光器, 采用如图 1a 所示的装置对外径为 110 毫米、壁厚为 10 毫米的管状金属零部件的外表面进行激光感应复合熔覆处理。

(1) 先对管状金属零部件的外表面进行喷砂处理;

(2) 采用热喷涂或者冷喷涂技术, 在外表面喷涂厚度为 0.1 毫米的涂层。涂层材料可以选择耐磨、耐蚀或者耐高温的铁基、镍基或者钴基合金粉末, 也可以选择上述合金粉末与碳化钨、碳化钛、碳化硅等陶瓷颗粒组成的金属陶瓷复合粉末。

(3) 将管状金属零部件外表面的涂层与感应加热线圈之间的距离调节为 1 毫米, 感应加热线圈的匝数为 3 匝, 在感应加热线圈中通入电流, 调节感应加热功率, 使管状金属零部件表面的温度为 $500\text{--}750^{\circ}\text{C}$ 。

(4) 将激光束定位到感应加热线圈之间, 实现对管状金属零部件表面涂层的预热与后热同时进行的激光熔覆加工, 用于预热与后热的线圈匝数分别为 2 匝与 1 匝。激光聚焦装置将经过激光导光装置传输来的激光束聚焦后辐照在管状金属零部件外表面的涂层上, 光斑的直径为 30 毫米, 聚焦光斑的位置位于感应加热区的几何中心处。激光器的输出功率为 5KW, 激光熔覆的线速度为 3 米/分钟。采用多道搭接方式, 完成管状金属零部件外表面的大面积熔覆。激光熔覆过程中, 相邻激光熔覆层之间的搭接率为 30%。

(5) 当熔覆完一层之后, 继续采用热喷涂、冷喷涂或者其它涂覆方式在

管材外壁预置一层厚 0.1 毫米的涂层，然后重复步骤（3）-（4）。如此反复，直到熔覆层的厚度达到所需要的工况要求。

实例 2:

选择二极管激光器，采用如图 1b 所示的装置对外径为 300 毫米、壁厚为 15 毫米的管状金属零部件的外表面进行激光感应复合熔覆处理。

(1) 先对管状金属零部件的外表面进行喷砂处理；

(2) 采用热喷涂、冷喷涂技术或超音速火焰喷涂技术，在外表面喷涂厚度为 3.0 毫米的涂层。涂层材料可以选择耐磨、耐蚀或者耐高温的铁基、镍基或者钴基合金粉末，也可以选择上述合金粉末与碳化钨、碳化钛、碳化硅等陶瓷颗粒组成的金属陶瓷复合粉末。

(3) 将管状金属零部件外表面的涂层与感应加热线圈之间的距离调节为 10 毫米，感应加热线圈的匝数为 3 匝，在感应加热线圈中通入电流，高频感应加热器可以在数秒钟之内将管状金属零部件表面加热到红热状态，调节感应加热功率，使管状金属零部件外表面的温度为 1000-1200℃。

(4) 将激光束定位到感应加热线圈之后 25 毫米的感应加热区内，进行激光熔覆处理。激光聚焦装置将经过激光导光装置传输来的激光束聚焦后辐照在管状金属零部件外表面的涂层上，光斑的直径为 2 毫米，聚焦光斑的位置位于感应加热区的几何中心处。激光器的输出功率为 5KW，激光熔覆的线速度为 10 米/分钟。采用多道搭接方式，完成管状金属零部件外表面的大面积熔覆。激光熔覆过程中，相邻激光熔覆层之间的搭接率为 70%。

(5) 当熔覆完一层之后，继续采用热喷涂、冷喷涂或者其它涂覆方式在管材外壁预置一层厚 3.0 毫米的涂层，然后重复步骤（3）-（4）。如此反复，直到熔覆层的厚度达到所需要的工况要求。

实例 3:

选择连续 CO₂ 激光器，采用如图 4 所示的装置对辊径 D=600 毫米的轧辊表面进行激光感应复合熔覆处理，同时该装置也适用于曲轴、石油钻杆等实心部件。

(1) 先对轧辊表面进行喷砂处理；

(2) 采用热喷涂、冷喷涂技术或超音速火焰喷涂技术，在轧辊表面喷涂厚度为 1 毫米的涂层。涂层材料可以选择耐磨、耐蚀或者耐高温的铁基、镍基或者钴基合金粉末，也可以选择上述合金粉末与碳化钨、碳化钛、碳化硅等陶瓷颗粒组成的金属陶瓷复合粉末。

(3) 将轧辊金属零部件表面的涂层与感应加热线圈之间的距离调节为 5 毫米，感应加热线圈的匝数为 4 匝，在感应加热线圈中通入电流，调节感应加热功率，使轧辊金属零部件表面的温度为 700-900℃。

(4) 将激光束定位到感应加热线圈之间，实现对轧辊表面涂层的预热与后热同时进行的激光熔覆加工，用于预热与后热的线圈匝数都为 2 匝。激光聚焦装置将经激光导光装置传输来的激光束聚焦后辐照在轧辊金属零部件表面，光斑的直径为 20 毫米，聚焦光斑的位置位于感应加热区的几何中心区。激光器的输出功率为 8KW，激光熔覆的线速度 8 米/分钟。采用多道搭接方式，完成轧辊金属零部件的大面积熔覆。激光熔覆过程中，相邻激光熔覆层之间的搭接率为 50%。

(5) 当熔覆完一层之后，继续采用热喷涂、冷喷涂或者其它涂覆方式在轧辊表面预置一层厚 1 毫米的涂层材料，然后重复步骤 (3) - (4)。如此反复，直到轧辊表面熔覆层厚度达到所需要的工况要求。

实例 4:

选择连续 CO₂ 激光器，采用如图 5 所示的装置对外径为 110 毫米、壁厚为 10 毫米的管材内表面进行激光感应复合熔覆处理。

(1) 先将管材内表面进行喷砂处理；

(2) 采用热喷涂技术、冷喷涂或者其它技术在管材的内表面预置厚度为 2.0 毫米的涂层，涂层材料可根据实际工况的需求，选择高性能铁基、镍基或者钴基合金粉末。

(3) 调整内表面涂层与感应加热线圈之间的距离，使其间距为 8 毫米，感应加热线圈的匝数为 2 匝，在感应加热线圈中通入电流，感应加热线圈可以在数秒内将管材内表面加热到红热状态，调节感应加热功率，使管材

内表面的温度为 900℃-1100℃。

(4) 将激光束经激光导光装置输入到管材内壁，激光聚焦装置将经激光导光装置传输来的激光束聚焦后辐照在管材内壁表面的涂层上，光斑的直径为 10 毫米，然后将激光束定位到感应加热线圈之后 15 毫米的感应加热区内，进行激光感应复合熔覆处理。激光输出功率为 5KW，激光熔覆的线速度为 5 米/分钟，利用多道搭接技术在管材内壁均匀熔覆一层高性能材料涂层，激光熔覆过程中，单道激光熔覆层之间的搭接率为 60%。

(5) 当熔覆完一层之后，继续热喷涂一层厚为 2 毫米的涂层材料，然后重复步骤 (3) 到 (4)，直到内壁熔覆层的厚度达到所需要的技术指标。

本实用新型的范围并不局限于上述实例，本领域一般人员根据本实用新型公开的内容，可以采用其它多种方式实现本实用新型的技术方案。

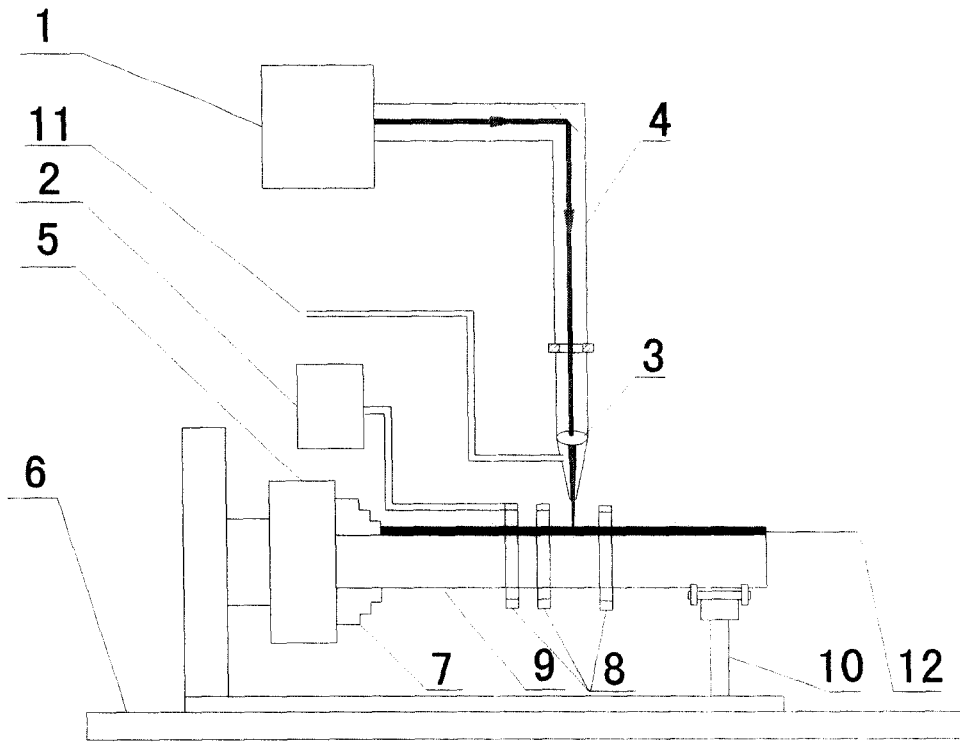


图 1a

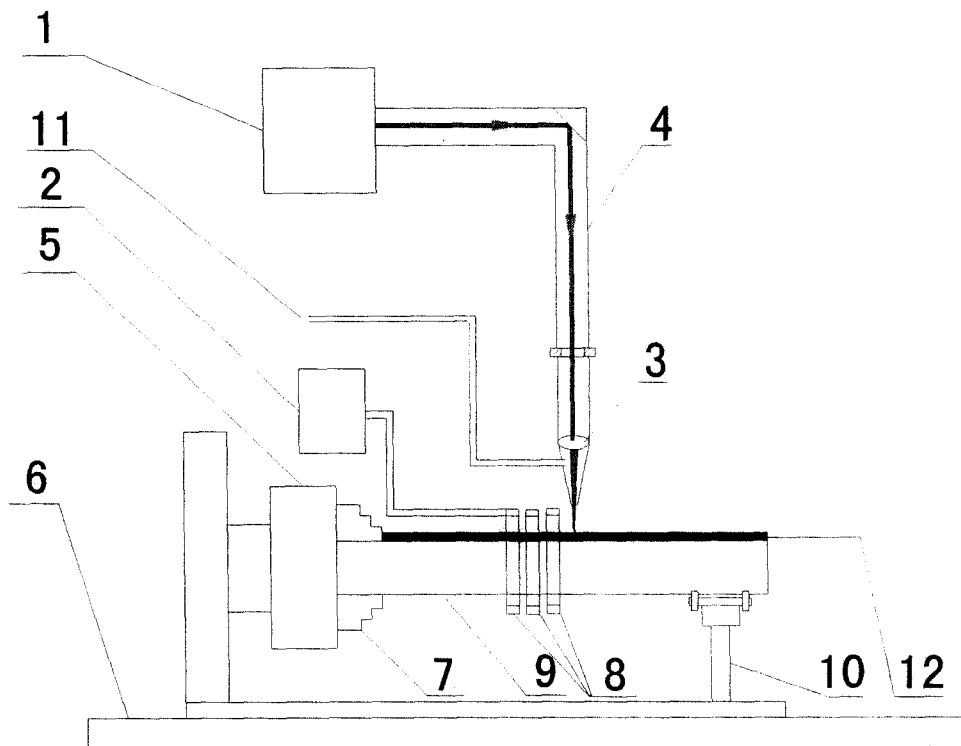


图 1b

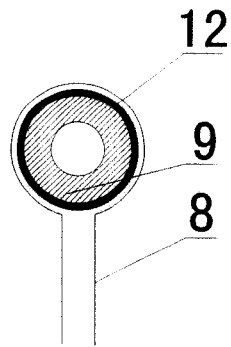


图 2

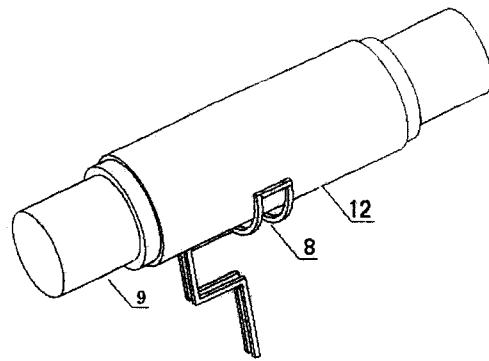


图 3

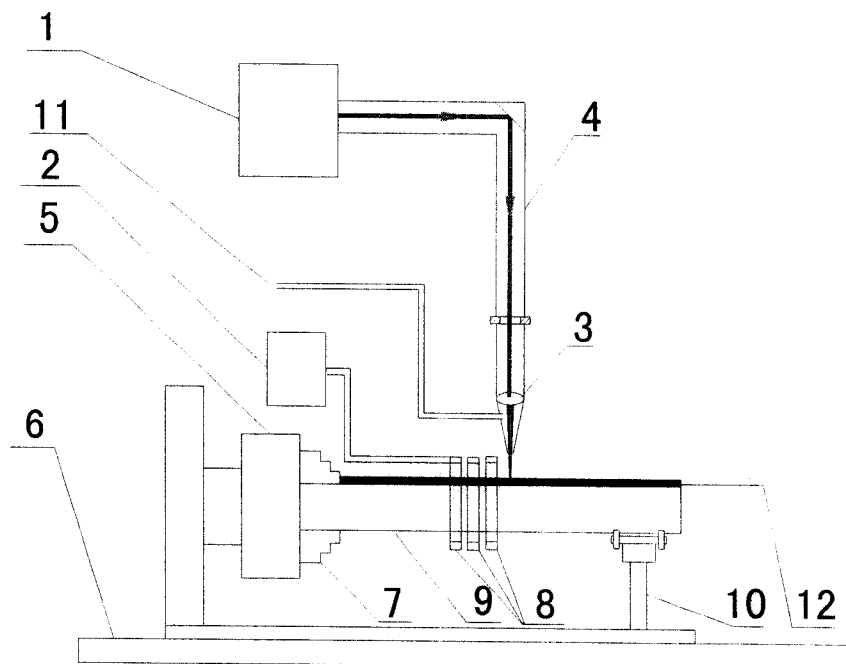


图 4

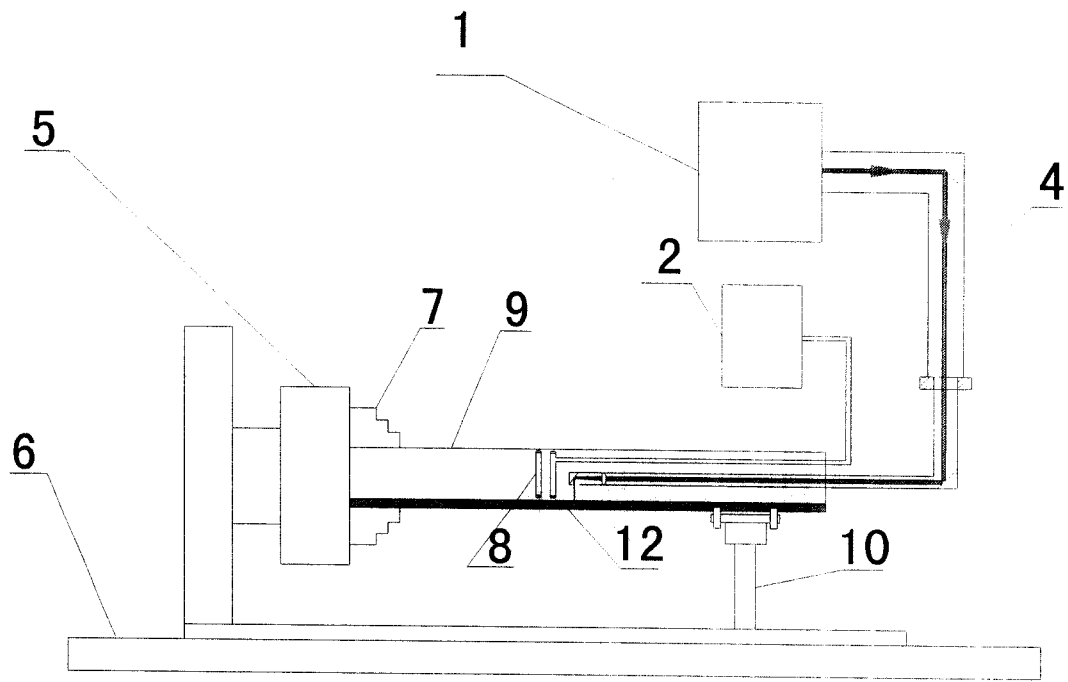


图 5

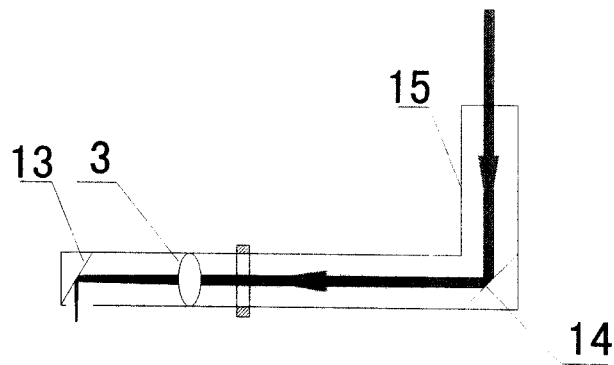


图 6

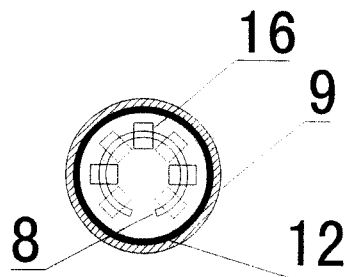


图 7