

1. 一种超高速激光熔覆系统,其特征在于,该系统包括:  
超高速激光熔覆加工机床,用于通过卡盘夹紧工装件;  
可调节超高速激光熔覆头;  
送粉头;  
控制单元,其与所述机床、可调节超高速激光熔覆头和送粉头连接;以及  
参数存储单元,其与控制单元连接,用于存储机床、可调节超高速激光熔覆头和送粉头的工作参数;

其中,控制单元根据参数存储单元存储的参数控制可调节激光熔覆头的激光离焦量为1~2mm,光斑尺寸 $\Phi 1.0\sim\Phi 1.5\text{mm}$ ,调节机床X轴(工件径向)使送粉头距离工件表面10~13mm,粉末焦点距离工件表面0.2~2mm,粉斑尺寸为 $\Phi 0.5\sim 1\text{mm}$ 。

2. 根据权利要求1所述的超高速激光熔覆系统,其特征在于,控制单元控制送粉头的送粉量为15~45 g/min。

3. 根据权利要求1或2所述的超高速激光熔覆系统,其特征在于,所述可调节超高速激光熔覆头的激光输出功率为0.8~3kW,表面恒定激光扫描线速度为25~200m/min,激光熔覆头沿Z方向(工件轴向)每转进给距离0.2~1mm。

4. 一种超高速激光熔覆系统,其特征在于包括:

能量控制单元,用于控制激光的少部分能量作用在基体材料上表面形成较浅的熔池,激光大部分能量作用在基体材料上方的合金粉末上;

超高速激光熔覆单元,用于使合金粉末在进入熔池之前温度升至熔点并熔化,以液滴的形式滴入熔池与基体材料结合。

5. 根据权利要求4所述的系统,其特征在于超高速激光熔覆单元使合金粉末以液滴的形式滴入熔池与基体材料结合后依靠基体材料自身冷却凝固。

6. 根据权利要求4所述的系统,其特征在于能量控制单元使得激光束80%以上的激光能量作用在合金粉末上。

7. 根据权利要求4-6任一项所述的系统,其特征在于能量控制单元具体为激光能量控制单元,用于相对于基体材料的上表面设置激光离焦量在基体材料上方1~2mm,激光光斑尺寸 $\Phi 1.0\sim\Phi 1.5\text{mm}$ 。

8. 根据权利要求7所述的系统,其特征在于合金粉末粒度区间为15~45 $\mu\text{m}$ ,球形度 $\geq 90\%$ ,含氧量 $\leq 150\text{ppm}$ ,流动性 $\leq 20\text{s}/50\text{g}$ ,空心粉率 $< 1\%$ 。

## 一种超高速激光熔覆系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种超高速激光熔覆系统和方法,属于激光加工领域。

### 背景技术

[0002] 在工程机械领域,许多轴类金属构件对表面有耐蚀、耐磨性等要求,需要进行特殊处理,常见的处理系统有以下几类。

[0003] 一、电镀技术,这种技术镀层薄,一般不超过100 $\mu\text{m}$ ,因此在特殊工况条件下很容易由于局部镀层受损导致整个零件失效。且镀层与基体结合力弱,一般不超过100MPa,耐腐蚀性差,容易剥落。还造成严重的资源浪费和环境污染,是迫切需要疏解的产业。

[0004] 二、热喷涂技术,这种技术涂层与基体之间是机械结合,结合力弱,一般为100~200MPa,容易剥落。由于热喷涂制备的涂层气孔较多,必须采用多层沉积方式制备(每层大约 25-50  $\mu\text{m}$ 厚),导致加工效率降低。且加工过程粉末材料与气体消耗较大,材料利用率最大只有50%左右。

[0005] 三、堆焊技术,这种技术的涂层一般都比较厚(约2~3mm),但零件需要预热,热输入量大,热影响区大,造成零件较大变形,机械性能下降。

[0006] 四、激光熔覆技术,参见图2,这种传统技术具有结合强度高,热数量小,变形小等优点,且可以通过调整粉末成分获得所需熔覆层性能,因此在诸多行业中开始实现应用,但是该技术加工效率较低,熔覆速率一般为0.5~3m/min,粉末利用率低,一般50%左右,并且激光能量聚焦在基体材料上,通过熔化基体材料来掺入和结合粉末,这使得激光能量利用效率和熔覆速率低,粉末与基体材料结合时仍为固态颗粒,成品表面平滑度差。由于其效率低下、成本高,限制了其大规模产业化应用,也是目前亟待解决的瓶颈问题。

### 发明内容

[0007] 本发明目的在于,提供一种超高速激光熔覆系统,以实现短时间内完成大面积涂层的快速制备,在满足零件使用要求的同时,极大的提高工作效率。同时,能耗低和材料利用率高,节省了生产成本。需要说明的是,本发明中的超高速是相对于现有的激光熔覆速度而言的,该超高速具体是指激光扫描线速度大于等于25m/min。

[0008] 根据本发明一方面,本发明公开了一种超高速激光熔覆系统,具体一种超高速激光熔覆系统,其特征在于,该系统包括:

超高速激光熔覆加工机床,用于通过卡盘夹紧工装件;

可调节超高速激光熔覆头;

送粉头;

控制单元,其与所述机床、可调节超高速激光熔覆头和送粉头连接;以及

参数存储单元,其与控制单元连接,用于存储机床、可调节超高速激光熔覆头和送粉头的工作参数;

其中,控制单元根据参数存储单元存储的参数控制可调节激光熔覆头的激光离焦量为

1~2mm,光斑尺寸 $\Phi 1.0\sim\Phi 1.5\text{mm}$ ,调节机床X轴(工件径向)使送粉头距离工件表面10~13mm,粉末聚焦点距离工件表面0.2~2mm,粉斑尺寸为 $\Phi 0.5\sim 1\text{mm}$ 。

[0009] 根据本发明另一方面,控制单元控制送粉头的送粉量为15~45 g/min。

[0010] 根据本发明另一方面,所述可调节超高速激光熔覆头的激光输出功率为0.8~3kW,表面恒定激光扫描线速度为25~200m/min,激光熔覆头沿Z方向(工件轴向)每转进给距离0.2~1mm。

[0011] 根据本发明另一方面,提供了一种超高速激光熔覆系统,其特征在于包括:

能量控制单元,用于控制激光的少部分能量作用在基体材料上表面形成较浅的熔池,激光大部分能量作用在基体材料上方的合金粉末上;

超高速激光熔覆单元,用于使合金粉末在进入熔池之前温度升至熔点并熔化,以液滴的形式滴入熔池与基体材料结合。

[0012] 根据本发明另一方面,超高速激光熔覆单元使合金粉末以液滴的形式滴入熔池与基体材料结合后依靠基体材料自身冷却凝固。

[0013] 根据本发明另一方面,能量控制单元使得激光束80%以上的激光能量作用在合金粉末上。

[0014] 根据本发明另一方面,能量控制单元具体为激光能量控制单元,用于相对于基体材料的上表面设置激光离焦量在基体材料上方1~2mm,激光光斑尺寸 $\Phi 1.0\sim\Phi 1.5\text{mm}$ 。

[0015] 根据本发明另一方面,合金粉末粒度区间为15~45 $\mu\text{m}$ ,球形度 $\geq 90\%$ ,含氧量 $\leq 150\text{ppm}$ ,流动性 $\leq 20\text{s}/50\text{g}$ ,空心粉率 $< 1\%$ 。

[0016] 可以理解的是,由于传统的系统都是将激光能量聚焦在基体材料上来熔化致密的基体本身,在相同的激光能量作用下,熔化基体所耗费的时间需要大大增加,这极大程度地限制了熔覆速度,降低了粉末的利用率,相反,本发明中巧妙地将激光能量作用在合金粉末上,使得粉末以液滴而非颗粒的方式与基体材料结合,既减少了昂贵粉末的浪费,更提高了熔覆速度,获得了更高的结合牢固度和表面光滑度。将激光能量作用在合金粉末上例如可以通过控制和调整激光能量的聚焦位置来实现。

[0017] 与传统的激光熔覆技术相比,超高速激光熔覆系统在原理上有显著不同,其高能束少部分能量作用在基体材料上形成较浅的熔池,而大部分能量作用在了粉末材料上,使粉末在进入熔池之前温度升至熔点并熔化,以液滴的形式滴入熔池与基体材料结合,再依靠基体自身冷却凝固。基于这一原理,超高速激光熔覆大大缩短了粉末熔化时间,从而使熔覆效率成倍提高,一般可达到传统激光熔覆的10倍以上。

[0018] 超高速激光熔覆系统制备的熔覆层是完全的冶金结合,界面结合强度高,不易剥落。且工作时激光输出功率一般低于3kW,热输入量小,变形小。超高速激光熔覆系统匹配的粉末材料粒度小,熔覆头精度高、送粉稳定,粉末利用率可达到90%,相比传统激光熔覆极大的减少了材料的浪费。超高速激光熔覆制备的熔覆层表面光洁度高,后处理只需磨削加工,比传统激光熔覆表节省了一道车加工的工序。

## 附图说明

[0019] 图1是本发明的超高速率激光熔覆方法的步骤示意图。

[0020] 图2是传统激光熔覆系统原理示意图。

[0021] 图3是超高速激光熔覆系统原理示意图。

[0022] 图4是超高速激光熔覆液压支架立柱示意图。

[0023] 图5是超高速激光熔覆汽车刹车盘示意图。

[0024] 附图标记:

1—激光束      2—粉末流      3—熔池      4—熔覆层      5—熔合区  
6—热影响区    7—基体      8—液压支架立柱    9—刹车盘

### 具体实施方式

[0025] 以下结合附图和具体实施方式作进一步说明。

[0026] 实施例1

优选地,本发明公开了一种超高速激光熔覆系统。该系统优选包括:

超高速激光熔覆加工机床,用于通过卡盘夹紧工装件;

可调节超高速激光熔覆头;

送粉头;

控制单元,其与所述机床、可调节超高速激光熔覆头和送粉头连接;以及

参数存储单元,其与控制单元连接,用于存储机床、可调节超高速激光熔覆头和送粉头的工作参数;

其中,控制单元根据参数存储单元存储的参数控制可调节激光熔覆头的激光离焦量为1~2mm,光斑尺寸 $\Phi 1.0\sim\Phi 1.5\text{mm}$ ,调节机床X轴(工件径向)使送粉头距离工件表面10~13mm,粉末聚焦点距离工件表面0.2~2mm,粉斑尺寸为 $\Phi 0.5\sim 1\text{mm}$ 。

[0027] 优选地,控制单元控制送粉头的送粉量为15~45 g/min。

[0028] 优选地,所述可调节超高速激光熔覆头的激光输出功率为0.8~3kW,表面恒定激光扫描线速度为25~200m/min,激光熔覆头沿Z方向(工件轴向)每转进给距离0.2~1mm。

[0029] 优选地,本发明还提供了一种超高速激光熔覆系统,其包括:

能量控制单元,用于控制激光的少部分能量作用在基体材料上表面形成较浅的熔池,激光大部分能量作用在基体材料上方的合金粉末上;

超高速激光熔覆单元,用于使合金粉末在进入熔池之前温度升至熔点并熔化,以液滴的形式滴入熔池与基体材料结合。

[0030] 优选地,超高速激光熔覆单元使合金粉末以液滴的形式滴入熔池与基体材料结合后依靠基体材料自身冷却凝固。

[0031] 优选地,能量控制单元使得激光束80%以上的激光能量作用在合金粉末上。

[0032] 优选地,能量控制单元具体为激光能量控制单元,用于相对于基体材料的上表面设置激光离焦量在基体材料上方1~2mm,激光光斑尺寸 $\Phi 1.0\sim\Phi 1.5\text{mm}$ 。

[0033] 优选地,合金粉末粒度区间为15~45 $\mu\text{m}$ ,球形度 $\geq 90\%$ ,含氧量 $\leq 150\text{ppm}$ ,流动性 $\leq 20\text{s}/50\text{g}$ ,空心粉率 $< 1\%$ 。

[0034] 可以理解的是,由于传统的系统都是将激光能量聚焦在基体材料上来熔化致密的基体本身,在相同的激光能量作用下,熔化基体所耗费的时间需要大大增加,这极大程度地限制了熔覆速度,降低了粉末的利用率,相反,本发明中巧妙地将激光能量作用在合金粉末上,使得粉末以液滴而非颗粒的方式与基体材料结合,既减少了昂贵粉末的浪费,更提高了

熔覆速度,获得了更高的结合牢固度和表面光滑度。将激光能量作用在合金粉末上例如可以通过控制和调整激光能量的聚焦位置来实现。

[0035] 与传统的激光熔覆技术相比,超高速激光熔覆系统在原理上有显著不同,其高能束少部分能量作用在基体材料上形成较浅的熔池,而大部分能量作用在了粉末材料上,使粉末在进入熔池之前温度升至熔点并熔化,以液滴的形式滴入熔池与基体材料结合,再依靠基体自身冷却凝固。基于这一原理,超高速激光熔覆大大缩短了粉末熔化时间,从而使熔覆效率成倍提高,一般可达到传统激光熔覆的10倍以上。

#### [0036] 实施例2

参见图1,本发明还提供了一种超高速激光熔覆方法,具体采用以下步骤:

- (1) 用砂纸将待熔覆工件表面的锈点擦除清理,用酒精清洗干净;
- (2) 将工件装入超高速激光熔覆加工机床,卡盘夹紧;
- (3) 采用超高速激光熔覆用合金粉末为熔覆材料;
- (4) 调节激光熔覆头Z方向旋钮,设置激光离焦量1~2mm,光斑尺寸 $\Phi 1.0\sim\Phi 1.5\text{mm}$ ;调节机床X轴(工件径向)使送粉头距离工件表面10~13mm,粉末聚焦点距离工件表面0.2~2mm,粉斑尺寸为 $\Phi 0.5\sim 1\text{mm}$ ;
- (5) 调节送粉器送粉盘转速控制送粉量,送粉量大小根据所需熔覆层厚度设定;
- (6) 设置激光输出功率,根据工件直径调节机床主轴转速,设置表面恒定激光扫描线速度,设置激光熔覆头沿Z方向(工件轴向)每转进给距离;主轴高速旋转与激光头Z方向线性移动联合运动,进行超高速激光熔覆加工;
- (7) 超高速激光熔覆加工结束后,将工件卸下,进行后续机加工。

[0037] 优选的,步骤(2)中,所述工件可以是柱状、筒状、盘状,根据工件具体形状、重量、尺寸使用顶尖或托架配合卡盘夹持。

[0038] 优选的,步骤(3)中,所述超高速激光熔覆用合金粉末,其特征在于,采用惰性气体雾化方法制备,粉末粒度区间为15~45 $\mu\text{m}$ ,球形度 $\geq 90\%$ ,含氧量 $\leq 150\text{ppm}$ ,流动性 $\leq 20\text{s}/50\text{g}$ ,空心粉率 $< 1\%$ ;材料为铁基合金或镍基合金或钴基合金或金属基复合材料。

[0039] 优选的,步骤(5)中,所述送粉量为15~45 g/min,熔覆层厚度为50~400 $\mu\text{m}$ 。

[0040] 优选的,步骤(6)中,所述激光输出功率为0.8~3kW,表面恒定激光扫描线速度为25~200m/min,激光熔覆头沿Z方向(工件轴向)每转进给距离0.2~1mm。

[0041] 参见图3,其中示出了激光束1聚焦和照射在粉末流2上,在基体7上形成浅浅的熔池3,并形成熔合区5和热影响区6,最终形成熔覆层4。本发明的超高速激光熔覆技术是一种新型、高效的激光熔覆技术,其激光束1少部分能量作用在基体材料上形成较浅的熔池3,而大部分能量作用在了粉末材料(例如粉末流2)上,使粉末在进入熔池3之前温度升至熔点并熔化,以液滴的形式与基体材料结合,再依靠基体7自身冷却凝固。由于不需要在基体表面形成较深的熔池3,故与传统激光熔覆技术相比,激光能耗明显下降,工作效率也提高了几十甚至上百倍。粉末熔滴极高的凝固速率,使熔覆层3、即涂层在制备过程中基本不被氧化,保证了涂层的性能。

[0042] 优选地,如图4-5所示,其中示出了本发明应用在液压支架立柱8和汽车刹车盘9上。

#### [0043] 实施例3

本发明还提供了一种超高速激光熔覆方法,其特征在于包括以下步骤:

控制激光的少部分能量作用在基体材料上表面形成较浅的熔池3,激光大部分能量作用在基体材料上方的合金粉末上;

合金粉末在进入熔池3之前温度升至熔点并熔化,以液滴的形式滴入熔池3与基体材料结合。

[0044] 可以理解的是,由于传统的方法都是将激光能量聚焦在基体材料上来熔化致密的基体本身,在相同的激光能量作用下,熔化基体所耗费的时间需要大大增加,这极大程度地限制了熔覆速度,降低了粉末的利用率,相反,本发明中巧妙地将激光能量作用在合金粉末上,使得粉末以液滴而非颗粒的方式与基体材料结合,既减少了昂贵粉末的浪费,更提高了熔覆速度,获得了更高的结合牢固度和表面光滑度。将激光能量作用在合金粉末上例如可以通过控制和调整激光能量的聚焦位置来实现。

[0045] 优选的,合金粉末以液滴的形式滴入熔池3与基体材料结合后依靠基体材料自身冷却凝固。

[0046] 优选的,聚焦激光束1使80%以上的激光能量作用在合金粉末上。可以理解的是,例如60%以上的激光能量作用在合金粉末上也是可行的。

[0047] 优选的,相对于基体材料的上表面设置激光离焦量在基体材料上方1~2mm,激光光斑尺寸 $\Phi 1.0\sim\Phi 1.5\text{mm}$ 。

[0048] 优选的,合金粉末粒度区间为15~45 $\mu\text{m}$ ,球形度 $\geq 90\%$ ,含氧量 $\leq 150\text{ppm}$ ,流动性 $\leq 20\text{s}/50\text{g}$ ,空心粉率 $<1\%$ 。

[0049] 与传统的激光熔覆技术相比,超高速激光熔覆方法在原理上有显著不同,其高能束少部分能量作用在基体材料上形成较浅的熔池3,而大部分能量作用在了粉末材料上,使粉末在进入熔池3之前温度升至熔点并熔化,以液滴的形式滴入熔池3与基体材料结合,再依靠基体自身冷却凝固。基于这一原理,超高速激光熔覆大大缩短了粉末熔化时间,从而使熔覆效率成倍提高,一般可达到传统激光熔覆的10倍以上。

[0050] 实施例4:本实例以柱状零件为例对本发明的超高速激光熔覆方法进行说明,工件基体材料为27SiMn,尺寸为直径 $\Phi 100\text{mm}$ ×长度1000mm。

[0051] 一种超高速激光熔覆方法,具体采用以下步骤:

(1)用砂纸将待熔覆工件表面的锈点擦除清理,用酒精清洗干净;

(2)将工件装入超高速激光熔覆加工机床,用卡盘、顶尖夹紧;

(3)采用超高速激光熔覆用合金粉末为熔覆材料,合金成分的质量百分比为:Cr 16.0%~18.0%,Ni 10.0%~14.0%,Mo 2.0%~3.0%,Mn $<2.0\%$ ,C $\leq 0.03\%$ ,Si $\leq 1.0\%$ ,P $\leq 0.045\%$ ,S $\leq 0.03\%$ ,其余为Fe;粉末粒度区间为15~45 $\mu\text{m}$ ,球形度 $\geq 90\%$ ,含氧量 $\leq 150\text{ppm}$ ,流动性 $\leq 20\text{s}/50\text{g}$ ,空心粉率 $<1\%$ ;

(4)调节激光熔覆头Z方向旋钮,设置激光离焦量2mm,光斑尺寸 $\Phi 1.0\text{mm}$ ;调节机床X轴(工件径向)使送粉头距离工件表面11mm,粉末聚焦点距离工件表面1.0mm,粉斑尺寸为 $\Phi 0.8\text{mm}$ ;

(5)调节送粉器送粉盘转速为5.5 r/min,送粉量为18 g/min,所需熔覆层厚度为150 $\mu\text{m}$ ;

(6)设置激光输出功率为1.5kW,设置表面恒定激光扫描线速度50m/min,设置激光熔覆

头沿Z方向(工件轴向)每转进给距离0.5mm;主轴高速旋转与激光头Z方向线性移动联合运动,进行超高速激光熔覆加工;

(7)超高速激光熔覆加工结束后,将工件卸下,装入磨床进行磨削加工。

[0052] 对于得到的熔覆层进行性能测试,达到以下指标:

经无损检测,熔覆层无裂纹;熔覆层硬度达45HRC以上,熔覆层与基体结合强度达500MPa以上;按国标GB\_T6461-2002对熔覆层耐腐蚀性评级为9级。

[0053] 实施例5:本实例以盘状零件为例对本发明的超高速激光熔覆方法进行说明,工件基体材料为灰铸铁250,尺寸为直径 $\Phi$ 280mm $\times$ 30mm。

[0054] 一种超高速激光熔覆方法,具体采用以下步骤:

(1)用砂纸将待熔覆工件表面的锈点擦除清理,用酒精清洗干净;

(2)将工件装入超高速激光熔覆加工机床,用卡盘夹紧;

(3)采用超高速激光熔覆用合金粉末为熔覆材料,合金成分的质量百分比为:C 0.6%~1.0%,Cr 14.0%~17.0%,Fe $\leq$ 15.0%,Si 3.0%~4.5%,B 2.5%~4.5%,其余为Ni;粉末粒度区间为15~45 $\mu$ m,球形度 $\geq$  90%,含氧量 $\leq$ 150ppm,流动性 $\leq$ 20s/50g,空心粉率 $<$ 1%;

(4)调节激光熔覆头Z方向旋钮,设置激光离焦量1mm,光斑尺寸 $\Phi$ 1.0mm;调节机床X轴(工件径向)使送粉头距离工件表面11.5mm,粉末聚焦点距离工件表面1.5mm,粉斑尺寸为 $\Phi$ 0.8mm;

(5)调节送粉器送粉盘转速为6.5 r/min,送粉量为23 g/min,所需熔覆层厚度为200 $\mu$ m;

(6)设置激光输出功率为1.6kW,设置表面恒定激光扫描线速度75m/min,设置激光熔覆头沿Z方向(工件轴向)每转进给距离0.45mm;主轴高速旋转与激光头Z方向线性移动联合运动,进行超高速激光熔覆加工;

(7)超高速激光熔覆加工结束后,将工件卸下,装入磨床进行磨削加工。

[0055] 对于得到的熔覆层进行性能测试,达到以下指标:

经无损检测,熔覆层无裂纹;熔覆层硬度达55HRC以上,熔覆层稀释率 $<$ 1%,熔覆层与基体结合强度达400MPa以上。

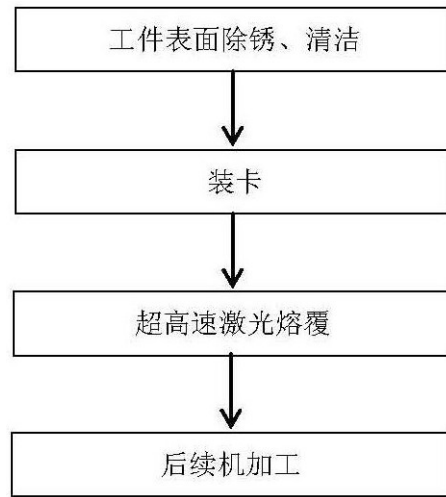


图1

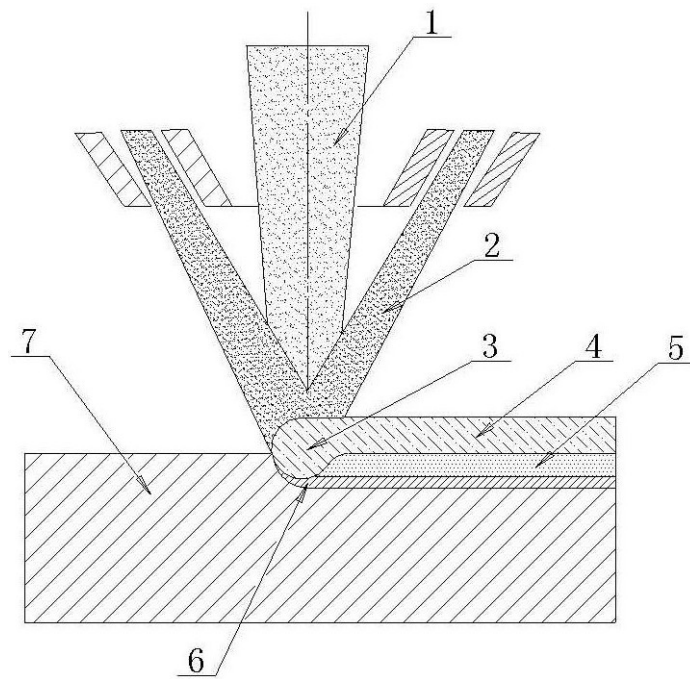


图2



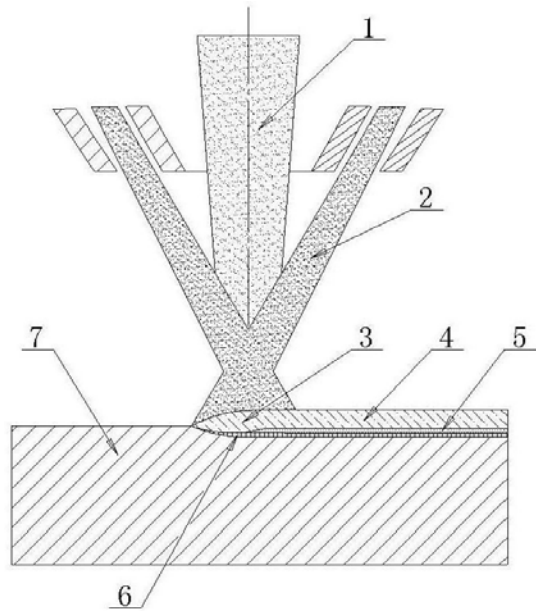


图3

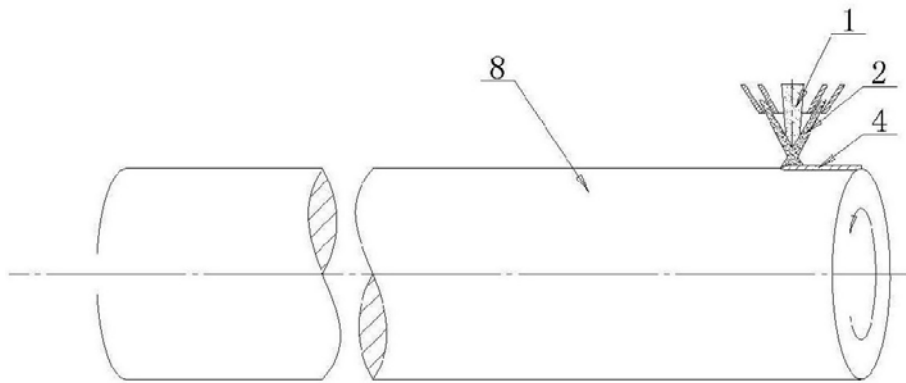


图4

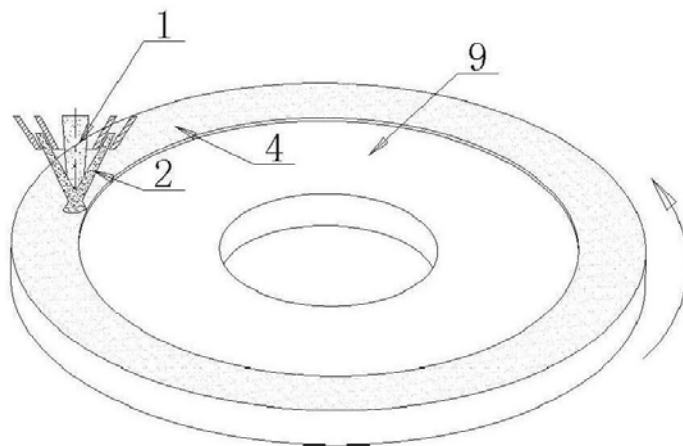


图5