



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111719146 B

(45) 授权公告日 2023.05.23

(21) 申请号 202010594771.3

(22) 申请日 2020.06.28

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111719146 A

(43) 申请公布日 2020.09.29

(73) 专利权人 浙江工业大学

地址 310014 浙江省杭州市下城区潮王路  
18号

(72) 发明人 李波 张杰 姚建华

(74) 专利代理机构 杭州天正专利事务所有限公

司 33201

专利代理师 王兵 崔国艳

(51) Int. Cl.

G23C 24/04 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 213142193 U, 2021.05.07

CN 103920626 A, 2014.07.16

CN 109989060 A, 2019.07.09

CN 207362334 U, 2018.05.15

RU 2676064 C1, 2018.12.25

US 2016346876 A1, 2016.12.01

US 2019047088 A1, 2019.02.14

审查员 周珑

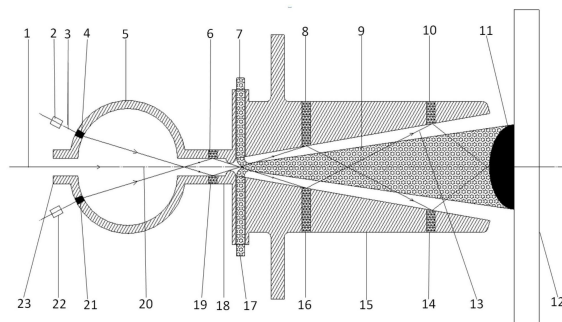
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种双激光头双送粉口超音速激光沉积喷嘴装置及沉积方法

(57) 摘要

一种双激光头双送粉口超音速激光沉积喷嘴装置,包括沿喷嘴的喷嘴轴线自前向后依次连接的圆形收缩段、咽喉段、扇形扩张段;圆形收缩段的前端设有高压气体入射口;扇形扩张段在与咽喉段交界处设有第一粉末入口和第二粉末入口;圆形收缩段上沿轴线对称地设有第一透光窗口和第二透光窗口,咽喉段内壁上对称地设有第一上反光镜、第一下反光镜,扇形扩张段内壁上对称地设有第二上反光镜、第二下反光镜,以及第三上反光镜、第三下反光镜。本发明的有益效果是:提高粉末涂层的厚度、沉积率、致密性和结合强度,激光加热取代载气预热装置,降低生产成本,提高粉末利用率,对高压气体的能量损耗少,降低喷嘴装置损坏的概率,安全性高。



1. 一种双激光头双送粉口超音速激光沉积喷嘴装置,其特征在于:包括沿喷嘴的喷嘴轴线自前向后依次连接的圆形收缩段、咽喉段、扇形扩张段,圆形收缩段呈球形,咽喉段呈圆柱形,扇形扩张段呈自前向后扩大的锥形;圆形收缩段的前端设有高压气体入射口,高压气体入射口与喷嘴轴线同轴;扇形扩张段在与咽喉段交界处设有第一粉末入口和第二粉末入口,第一粉末入口和第二粉末入口均与喷嘴轴线垂直,第一粉末入口和第二粉末入口位于扇形扩张段的横截面的同一条直径上;

圆形收缩段上沿轴线对称地设有第一透光窗口第二透光窗口,咽喉段内壁上对称地设有第一上反光镜、第一下反光镜,扇形扩张段内壁上对称地设有第二上反光镜、第二下反光镜,以及第三上反光镜、第三下反光镜;第一激光器、第一透光窗口、第一下反光镜、第二上反光镜、第三上反光镜、基材依次组成第一激光光路,第二激光器、第二透光窗口、第一上反光镜、第二下反光镜、第三上反光镜、基材组成第二激光光路。

2. 根据权利要求1所述的一种双激光头双送粉口超音速激光沉积喷嘴装置,其特征在于:反光镜均通过卡槽以可拆卸方式安装在喷嘴上。

3. 根据权利要求1所述的一种双激光头双送粉口超音速激光沉积喷嘴装置,其特征在于:反光镜均为平面镜。

4. 根据权利要求1所述的一种双激光头双送粉口超音速激光沉积喷嘴装置,其特征在于:喷嘴圆形收缩段内壁呈光滑球形现状,以减少对高压气体的能量损耗。

5. 根据权利要求1所述的一种双激光头双送粉口超音速激光沉积喷嘴装置,其特征在于:咽喉段的末端的内壁设有环形突出部,环形突出部的横截面呈圆弧形,环形突出部的后端与第一粉末入口和第二粉末入口的前壁相切。

6. 根据权利要求1所述的一种双激光头双送粉口超音速激光沉积喷嘴装置,其特征在于:所有反光镜的角度可调,用于保证激光顺利通过喷嘴以对粉末和基体进行有效加热。

7. 一种利用权利要求1~6任意一项的一种双激光头双送粉口超音速激光沉积喷嘴装置的沉积方法,其特征在于,包括如下步骤:

(1) 摆正好基体位置,调整好喷嘴与基体的距离,装好所有反光镜并调整好角度,设置好激光参数和气压参数,送粉器倒入待喷涂粉末;

(2) 高压气体从高压气体入射口进入喷嘴内部,第一激光器产生的第一激光束从第一透光窗口进入喷嘴内部,第二激光器产生的第二激光束从第二透光窗口进入喷嘴内部;

(3) 开启送粉器,粉末颗粒从第一粉末入口和第二粉末入口进入喷嘴扇形扩张段交汇形成粉末束;

(4) 第一激光束和第二激光束在反射过程中对从第一粉末入口和第二粉末入口射入还没发散的粉末束颗粒进行一次最大程度的加热软化,然后反复穿过粉末束对粉末颗粒进行预热软化,最终激光束对称照射在基材上,对其进行加热,最后,经过加热的粉末束喷涂在基材上形成涂层。

8. 根据权利要求7所述的沉积方法,其特征在于:第一激光束和第二激光束从第一激光器跟第二激光器发出射入第一透光窗口与第二透光窗口,两束光束入射方向分别与第一透光窗口中心法线和第二透光窗口中心法线形成的角度在 $-45^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 之间,所述第一透光窗口和第二透光窗口的中心法线与喷嘴轴线所形成角度可在 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 范围内对称分布,第一透光窗口和第二透光窗口通过内壁对称分布的反光镜角度调节使第一激光束和第二激光

束的出射角度相对于第一透光窗口中心法线和第二透光窗口中心法线在 $-45^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 之间，喷嘴扇形扩张段的一侧内壁与喷嘴轴线的角度在 $10^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 之间。

## 一种双激光头双送粉口超音速激光沉积喷嘴装置及沉积方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种双激光头双送粉口超音速激光沉积喷嘴装置及沉积方法。

### 背景技术

[0002] 冷喷涂是一种基于空气动力学原理的一项喷涂技术,其原理是利用高压气体携带粉末颗粒进入高速气流,通过拉瓦尔喷嘴加速产生超音速气固两相流,粉末颗粒经超音速喷管加速后在固态状态下以极高的速度碰撞基板,通过产生强烈的塑性变形而沉积于基体表面形成涂层,冷喷涂是依赖粒子的动能形成涂层。因此该技术具有如下的优点:1)喷涂载气加热温度远低于粉末颗粒熔点,颗粒基本上没有氧化、相变、烧损和晶粒长大等现象。2)涂层对基体的热影响小,使涂层与基体之间的热应力减少,涂层之间的残余应力小,且主要为压应力,有利于获得厚致密的涂层。3)喷涂效率高,气孔率低。4)喷涂未利用粉末可以回收再利用,经济又环保。冷喷涂技术为表面工程技术的应用开辟了新的途径,已经广泛应用于制备各种高功能性涂层、纳米涂层、汽车制造业、机械零件的修复再制造、航空航天等领域。

[0003] 超音速激光沉积技术是一种新型的喷涂和再制造技术,超音速激光沉积设备主要由高压气体源、送粉器、拉瓦尔喷嘴、实验箱、激光器、温度传感器、加工基体、沉积涂层和粉末回收装置构成。它将超音速粉末束和基体与沉积区域的激光加热联结在了一起,在冷喷涂的过程中引入激光取代载气预热对粉末颗粒进行加热软化和对基体进行软化。超音速激光沉积技术不但保留了冷喷涂的优点:固态沉积、高效率 and 低成本,而且比冷喷涂更具有广泛的应用前景。激光照射在基体和粉末颗粒上,使基体软化,粉末颗粒产生塑性变形,因此能够实现高硬度材料涂层的制备,扩大了材料和基体的使用范围;激光产生的加热效应可以代替气体预热装置,减少了压缩气体的使用且可以用廉价的压缩空气来代替价格相对较高的氮气或氩气,从而降低工艺的生产成本;激光软化处理颗粒跟基体,能瞬间调节和改变了材料的力学性能,使其塑性增强,改善了颗粒碰撞沉积状态,提高了粉末涂层的厚度、沉积率、致密性和结合强度,所制得的涂层优于冷喷涂涂层。

[0004] 在欧洲专利GB2439934A中提出了一种超音速激光沉积喷嘴,在该喷嘴中激光光路与喷嘴同轴,激光光斑略小于喷嘴喉部的直径,以便使激光能正常通过。工作时,激光透过特殊材料制成的窗口照射进喷嘴中并最终辐照在基体上,喷嘴的一个入口通入高压气体,另一个入口通入待喷涂粉末,两者在拉瓦尔喷嘴中加速到超音速,最后粉末颗粒以固态形式撞击在基体上形成涂层。整个过程中,激光既加热了气体、粉末颗粒,也加热了基体,使粉末和基体同时软化,因此大大提高了沉积率和结合强度。但是该装置中粉末从收缩段进入喷嘴中,喷嘴喉部直径通常只有几毫米,低熔点和较软的金属粉末材料在激光的照射下容易粘结在喷嘴喉部,长时间工作后易造成喷嘴堵塞。光斑直径必须小于喷嘴喉部直径,激光光路与喷嘴同轴只能通过一条光路。

[0005] 美国专利US20110300306A1也提出了一种超音速激光沉积喷嘴装置,采用的也是激光光路与喷嘴同轴的方法,但是该专利中粉末颗粒由喷嘴扩张段送入,因此避免了粉末

因加热软化粘结堵塞在喷嘴喉部的现象。该喷嘴只有一个送粉口,导致一次性送粉量太多,处于粉末束中部的粉末激光束并不能很好将其软化。只有一个激光头与喷嘴同轴,激光对颗粒以及喷嘴内载气预热不均匀,中间热量多而周边热量少,沉积后涂层中间厚周边薄,导致粉末利用率较低。

[0006] 目前超音速激光沉积技术主要使用的是激光侧向照射的方法激光,激光头在喷嘴的一侧,激光束斜着照射基体加工区域,同时软化粉末颗粒和基体。中国发明专利CN101153393A中公开了一种含有激光照射的冷气动力喷涂方法,在喷涂的同时,在圆形喷涂斑点的正前方照射有椭圆形激光光斑。该方法可以显著降低冷喷涂过程中粒子的临界速度,提高粘结效率。但是侧向照射激光光斑时,只预热基体加工区域,对粉末的加热效果较差,导致一些硬质颗粒在喷嘴中仍然需要使用预热载气才能使得粉末能够沉积基体,气体消耗大等缺点仍未解决。粉末束直径大于光斑直径,且只有一个激光头进行加热,加热不均匀且喷涂效率不高。激光头的外置也导致危险性增加。

[0007] 中国发明专利CN103920626A提出了一种超音速激光沉积方法及喷嘴装置,激光从收缩段射入,粉末束从扩张段进入,但是只有一个激光头跟一个粉末射入口,虽然激光在喷嘴里多次反射过程中对粉末的加热效果增强,但是仍然有一部分粉末没有被充分加热,而且光斑直径远小于粉末束直径,对粉末和基体的加热软化不够充分不够快,加工效率不高,粉末利用率较低。只有一个粉末入射口,粉末一次性射入过多,激光不能很好地对粉末颗粒进行加热软化,在入粉口上方咽喉部没有遮挡部分,可能会导致粉末容易进入收缩段,导致设备损坏。其高压气体入口方向与喷嘴轴线垂直,可能会导致收缩段一侧内壁局部压力过大和气体的能量损耗增加。

## 发明内容

[0008] 为了解决上述的技术问题,本发明的目的是提供一种双激光头双送粉口超音速激光沉积喷嘴装置及沉积方法,两个激光头与喷嘴轴线呈一定角度分布,激光束通过特殊透光窗口射入喷嘴咽喉段反射镜上,通过喷嘴内壁上的反射镜多次反射,最终两束激光关于喷嘴轴线对称照射在基体涂层区,两束光斑的直径相加与粉末束直径接近。高压气体入射口与喷嘴呈同轴布置,可以减少气体能量损耗和喷嘴上部内腔壁的局部压力。两个粉末入射口对称分布在咽喉扩张段两侧,可将以前一个粉末入口所要射入的粉末量分成两个粉末入口射入粉末,使粉末喷入更加均匀,有利于激光束对粉末进行充分加热软化。咽喉部还可以防止粉末进入喷嘴上部内腔。该装置能够对喷嘴内部的气体、粉末和基体均匀加热,一次性加工面积大,可以取消载气预热装置。

[0009] 为达到上述的目的,本发明采用了以下技术方案:

[0010] 一种双激光头双送粉口超音速激光沉积喷嘴装置,其特征在于:包括沿喷嘴的喷嘴轴线自前向后依次连接的圆形收缩段、咽喉段、扇形扩张段,圆形收缩段呈球形,咽喉段呈圆柱形,扇形扩张段呈自前向后扩大的锥形;圆形收缩段的前端设有高压气体入射口,高压气体入射口与喷嘴轴线同轴;扇形扩张段在与咽喉段交界处设有第一粉末入口和第二粉末入口,第一粉末入口和第二粉末入口均与喷嘴轴线垂直,第一粉末入口和第二粉末入口位于扇形扩张段的横截面的同一条直径上;

[0011] 圆形收缩段上沿轴线对称地设有第一透光窗口和第二透光窗口,咽喉段内壁上对

称地设有第一上反光镜、第一下反光镜,扇形扩张段内壁上对称地设有第二上反光镜、第二下反光镜,以及第三上反光镜、第三下反光镜;第一激光器、第一透光窗口、第一下反光镜、第二上反光镜、第三上反光镜、基材依次组成第一激光光路,第二激光器、第二透光窗口、第一上反光镜、第二下反光镜、第三上反光镜、基材组成第二激光光路。

[0012] 所述的反射镜均通过卡槽以可拆卸方式安装在喷嘴。

[0013] 所述的反射镜均为平面镜或其它反射镜。

[0014] 喷嘴圆形收缩段内壁呈光滑球形现状,以减少对高压气体的能量损耗。

[0015] 咽喉段的末端的内壁设有环形突出部,环形突出部的的横截面呈圆弧形,环形突出部的后端与第一粉末入口和第二粉末入口的前壁相切。

[0016] 所有反射镜的角度可调,用于保证激光顺利通过喷嘴以对粉末和基体进行有效加热。

[0017] 一种利用本发明所述双激光头双送粉口超音速激光沉积喷嘴装置进行沉积的方法,其特征在于,包括如下步骤:

[0018] (1)摆正好基体位置,调整好喷嘴与基体的距离,装好所有反射镜并调整好角度,设置好激光参数和气压参数,送粉器倒入待喷涂粉末;

[0019] (2)高压气体从高压气体入射口进入喷嘴内部,第一激光器产生的第一激光束从第一透光窗口进入喷嘴内部,第二激光器产生的第二激光束从第二透光窗口进入喷嘴内部;

[0020] (3)开启送粉器,粉末颗粒从第一粉末入口和第二粉末入口进入喷嘴扇形扩张段交汇形成粉末束;

[0021] (4)第一激光束和第二激光束在反射过程中对从第一粉末入口和第二粉末入口射入还没发散的粉末束颗粒进行一次最大程度的加热软化,然后反复穿过粉末束对粉末颗粒进行预热软化,最终激光束对称照射在基材上,对其进行加热,最后,经过加热的粉末束喷涂在基材上形成涂层。

[0022] 第一激光束和第二激光束从第一激光器跟第二激光器发出射入第一透光窗口与第二透光窗口,两束光束入射方向分别与第一透光窗口中心法线和第二透光窗口中心法线形成的角度在 $-45^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 之间,所述第一透光窗口和第二透光窗口的中心法线与喷嘴轴线所形成角度可在 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 范围内对称分布,第一透光窗口和第二透光窗口通过内壁对称分布的反射镜角度调节使激光束和激光束的出射角度相对于第一透光窗口中心法线和第二透光窗口中心法线在 $-45^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 之间,喷嘴扇形扩张段的一侧内壁与喷嘴轴线的角度在 $10^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 之间。

[0023] 两条激光束在喷嘴内部多次反射,在到达基体过程中多次大范围的对喷嘴内气体和粉末颗粒进行加热,又由于有两个光斑到达基体,大大增加了加热面积,使粉末和基体软化,有利于粉末颗粒快速沉积在基体上形成涂层。该双激光头双送粉口超音速激光沉积喷嘴能够对喷嘴内部高压气体跟粉末颗粒与基体预热,由于有两束激光多次发射交叉预热,使得预热均匀,可以取代气体加热装置,且光斑直径和直径可以随着特殊透光窗口对光束的方向改变而灵活调节。粉末从喷嘴扇形扩张段进入,且在粉末入口上部有一圈圆弧形喷嘴咽喉段遮挡部,可有效防止粉末进入喷嘴圆形收缩段和喷嘴咽喉段,避免喷嘴内部堵塞和损坏现象的出现。

[0024] 本发明的有益效果是：提高粉末涂层的厚度、沉积率、致密性和结合强度，激光加热取代载气预热装置，降低生产成本，提高粉末利用率，对高压气体的能量损耗少，降低喷嘴装置损坏的概率，安全性高。

## 附图说明

[0025] 图1是本发明的结构图。

## 具体实施方式

[0026] 下面结合附图对本发明的具体实施方式做一个详细的说明。

[0027] 实施例1本发明所述的一种双激光头双送粉口超音速激光沉积喷嘴装置，包括沿喷嘴23的喷嘴轴线20自前向后依次连接的圆形收缩段5、咽喉段18、扇形扩张段15，圆形收缩段5呈球形，咽喉段18呈圆柱形，扇形扩张段15呈自前向后扩大的锥形；圆形收缩段5的前端设有高压气体入射口1，高压气体入射口1与喷嘴轴线20同轴；扇形扩张段15在与咽喉段18交界处设有第一粉末入口7和第二粉末入口17，第一粉末入口7和第二粉末入口17均与喷嘴轴线20垂直，第一粉末入口7和第二粉末入口17位于扇形扩张段15的横截面的同一条直径上；

[0028] 圆形收缩段5上沿轴线对称地设有第一透光窗口4和第二透光窗口21，咽喉段18内壁上对称地设有第一上反光镜6、第一下反光镜19，扇形扩张段15内壁上对称地设有第二上反光镜8、第二下反光镜16，以及第三上反光镜10、第三下反光镜14；第一激光器2、第一透光窗口4、第一下反光镜1、第二上反光镜8、第三上反光镜10、基材12依次组成第一激光光路，第二激光器22、第二透光窗口21、第一上反光镜6、第二下反光镜16、第三上反光镜10、基材12组成第二激光光路。

[0029] 所述的反射镜均通过卡槽以可拆卸方式安装在喷嘴23上。

[0030] 所述的反射镜均为平面镜或其它反射镜。

[0031] 喷嘴圆形收缩段5内壁呈光滑球形现状，以减少对高压气体的能量损耗。

[0032] 咽喉段18的末端的内壁设有环形突出部，环形突出部的横截面呈圆弧形，环形突出部的后端与第一粉末入口7和第二粉末入口17的前壁相切。

[0033] 所有反射镜的角度可调，用于保证激光顺利通过喷嘴以对粉末和基体进行有效加热。

[0034] 实施例2如图1所示的一种双激光头双送粉口超音速激光沉积喷嘴装置，包括喷嘴23，喷嘴咽喉段18的一侧为喷嘴圆形收缩段5，喷嘴23咽喉段18的另一侧为喷嘴扇形扩张段15，喷嘴23在喷嘴圆形收缩段5一侧设有高压气体入射口1和供第一激光束3与第二激光束13进入的第一透光窗口4和第二透光窗口21，第一透光窗口4和第二透光窗口21与喷嘴轴线20呈一定角度对称分布设置，喷嘴23的咽喉段18上设有第一上反光镜6、第一下反光镜19，且咽喉段18的末端内壁设有防止粉末进入的圆弧环形突出部分，扇形扩张段15在与咽喉段18交界处对称设有第一粉末入口7和第二粉末入口17，扇形扩张段15内壁上对称地设有第二上反光镜8、第二下反光镜16，以及第三上反光镜10、第三下反光镜14；从第一透光窗口4进入的第一激光束3在喷嘴23内部依次经过第一下反光镜19、第二上反光镜8和第三下反光镜14反射后从喷嘴扇形扩张段15射出照射在基体12喷嘴轴线20的一侧，从第二透光窗口21

进入的第二激光束13在喷嘴内部依次经过第一上反光镜6、第二下反光镜16和第三上反光镜10反射后从喷嘴扇形扩张段15射出照射在基体12喷嘴轴线20的另一侧,第一粉末入口7位于第一上反光镜6和第二上反光镜8之间,第二粉末入口17位于第一下反光镜19和第二下反光镜16之间.所述高压气体入射口1与喷嘴轴线20同轴,第一粉末入口7和第二粉末入口17跟喷嘴轴线20垂直.第一上反光镜6、第二上反光镜8、第三上反光镜10、第三下反光镜14、第二下反光镜16跟第一下反光镜19以可拆卸方式安装在喷嘴23上.第一上反光镜6、第二上反光镜8、第三上反光镜10、第三下反光镜14、第二下反光镜16跟第一下反光镜19为平面镜。

[0035] 一种双激光头双送粉口超音速激光沉积方法,包括如上所述的一种双激光头双送粉口超音速激光沉积喷嘴装置,高压气体从高压气体入射口1进入喷嘴23内部,依次经过喷嘴圆形收缩段5、喷嘴咽喉段18和喷嘴扇形扩张段15后喷射到基体12上;粉末颗粒从第一粉末入口7和第二粉末入口17进入喷嘴扇形扩张段15交汇形成粉末束9,由高压气体携带粉末束9喷涂至基体12上;激光器A2产生的第一激光束3从特殊透光窗口A4进入喷嘴23内部,第一激光束3依次经过第一下反光镜19、第二上反光镜8和第三下反光镜14反射后从喷嘴扇形扩张段15射出照射在基体喷嘴轴线20的一侧,激光器B22产生的第二激光束13从特殊透光窗口B21进入喷嘴23内部,第二激光束13依次经过第一上反光镜6、第二下反光镜16和第三上反光镜10反射后从喷嘴扇形扩张段15射出照射在基体喷嘴轴线20的另一侧,第一激光束3和第二激光束13在反射过程中首先对第一粉末入口7和第二粉末入口17射入还没发散的粉末束颗粒进行一次最大程度的加热软化,然后反复穿过粉末束9对粉末颗粒进行预热软化,第一激光束3和第二激光束13在基体12表面的照射区域位于粉末束9在基体12表面的涂层11区域关于喷嘴轴线20的两侧中心位置,第一激光束3和第二激光束13在基体12表面的照射区域与粉末束9在基体12表面的喷涂区域重叠。

[0036] 实施例3一种本发明所述的一种双激光头双送粉口超音速激光沉积喷嘴装置进行沉积的方法,包括如下步骤:

[0037] (1)摆正好基体12位置,调整好喷嘴23与基体12的距离,装好所有反射镜并调整好角度,设置好激光参数和气压参数,送粉器倒入待喷涂粉末;

[0038] (2)高压气体从高压气体入射口1进入喷嘴23内部,第一激光器2产生的第一激光束3从第一透光窗口4进入喷嘴23内部,第二激光器22产生的第二激光束13从第二透光窗口21进入喷嘴23内部;

[0039] (3)开启送粉器,粉末颗粒从第一粉末入口7和第二粉末入口17进入喷嘴扇形扩张段15交汇形成粉末束9;

[0040] (4)第一激光束3和第二激光束13在反射过程中对从第一粉末入口7和第二粉末入口17射入还没发散的粉末束颗粒进行一次最大程度的加热软化,然后反复穿过粉末束9对粉末颗粒进行预热软化,最终激光束对称照射在基体12上,对其进行加热,最后,经过加热的粉末束9喷涂在基体上形成涂层。

[0041] 第一激光束3和第二激光束13从激光器A2跟激光器B22发出射入第一透光窗口4与第二透光窗口21,两束光束入射方向分别与第一透光窗口4中心法线和第二透光窗口21中心法线形成的角度在 $-45^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 之间,所述第一透光窗口4和第二透光窗口21的中心法线与喷嘴轴线20所形成角度可在 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 范围内对称分布,第一透光窗口4和第二透光窗口21通过内壁对称分布的反射镜角度调节使第一激光束3和第二激光束13的出射角度相对于第



一透光窗口4中心法线和第二透光窗口21中心法线在 $-45^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 之间,喷嘴扇形扩张段15的一侧内壁与喷嘴轴线20的角度在 $10^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 之间。

[0042] 第一激光器2发出第一激光束3与第一透光窗口4轴线呈合适角度进入第一透光窗口4,光束通过第一透光窗口4调节激光方向后以合适角度从窗口射出进入喷嘴23内部,进入喷嘴23照射在第一下反光镜19上、光束再经过第二上反光镜8和第三下反光镜14的反射后最终照射在基体12上;第二激光器22发出第二激光束13与第二透光窗口21轴线呈合适角度进入第二透光窗口21,光束通过第二透光窗口21调节激光方向后以合适角度从窗口射出进入喷嘴23内部,进入喷嘴照射在第一上反光镜6上、光束再经过第二下反光镜16和第三上反光镜10的反射后最终照射在基体12上。与此同时高压气体通过高压气体入射口1进入喷嘴23内部经拉瓦尔喷嘴加速后达到超音速并携带从第一粉末入口7和第二粉末入口17进入喷嘴扇形扩张段15的粉末束9,两条激光束在喷嘴内部多次反射,在到达基体过程中多次大范围的对喷嘴内气体和粉末颗粒进行加热,又由于有两个光斑到达基体,大大增加了加热面积,使粉末和基体12软化,有利于粉末颗粒快速沉积在基体12上形成涂层11。该双激光头双送粉口超音速激光沉积喷嘴能够对喷嘴内部高压气体跟粉末颗粒与基体预热,由于有两束激光多次发射交叉预热,使得预热均匀,可以取代气体加热装置,且光斑直径和直径可以随着特殊透光窗口对光束的方向改变而灵活调节。粉末从喷嘴扇形扩张段15进入,且在粉末入口上部有一圈圆弧形喷嘴咽喉段遮挡部,可有效防止粉末进入喷嘴圆形收缩段5和喷嘴咽喉段18,避免喷嘴内部堵塞和损坏现象的出现。所有反射镜都是通过卡槽固定在喷嘴上的,是可拆卸,可以在使用一段时间后对反射镜进行检查、擦拭或更换。

[0043] 需要强调的是:以上仅是本发明的较佳实施例而已,并非对本发明作任何形式上的限制,凡是依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与修饰,均仍属于本发明技术方案的范围。

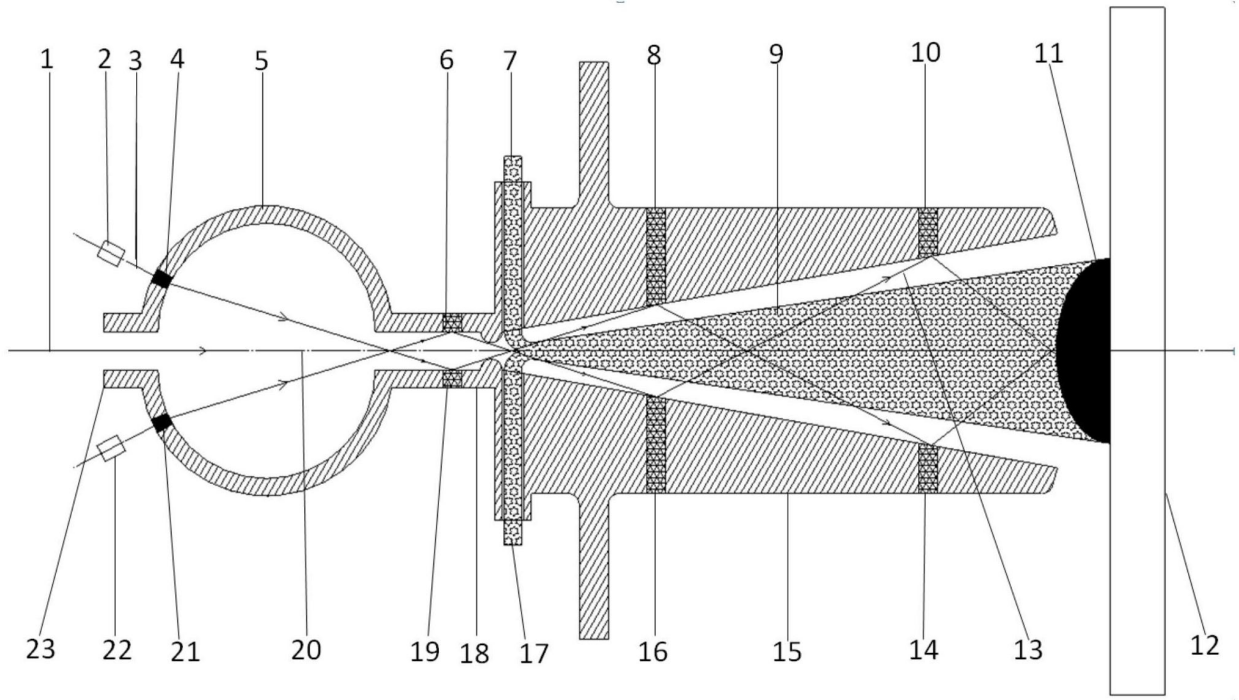


图1