



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107181931 B

(45)授权公告日 2019.10.25

(21)申请号 201710339584.9

审查员 季静敏

(22)申请日 2017.05.15

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107181931 A

(43)申请公布日 2017.09.19

(73)专利权人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路  
1037号

(72)发明人 张小明 许文杰 张东 刘翔高

曹畅

(74)专利代理机构 华中科技大学专利中心

42201

代理人 梁鹏 曹葆青

(51)Int.Cl.

H04N 7/18(2006.01)

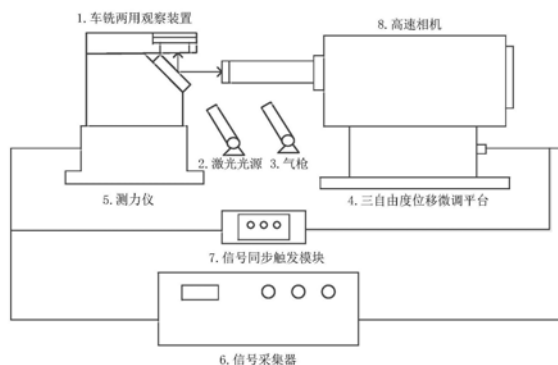
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种用于正交车削和铣削过程高速成像的  
拍摄系统

(57)摘要

本发明属于金属切削加工设备领域,具体涉及一种用于正交车削和铣削过程高速成像的拍摄系统,所述车铣两用观察装置底部的上方设置有一车刀安装夹具装夹专用专用铣削工件或专用切槽刀,并与垂直设置的专用车削工件或专用直刀铣刀配合完成车削或铣削过程,基座一侧的斜面上安装有表面镀银反光镜,在表面镀银反光镜的对侧为一高速相机,在车铣两用装置和高速相机之间设置有激光光源,高速相机记录车削和铣削过程。本发明通过使用蓝宝石玻璃限制切屑与工件在同一平面内解决了在介观尺度由于相机景深小切屑拍不清楚的难题,通过车铣两用观察装置,只需改变少量零件,便可进行车削与铣削的转换拍摄,装置装配简单,拍摄照片质量稳定,实用性强。



1. 一种用于正交车削和铣削过程高速成像的拍摄系统,其特征在于,其包括车铣两用观察装置(1),激光光源(2)和高速相机(8),

其中,所述车铣两用观察装置(1)底部的基座(1-2)安装在一测力仪(5)上,基座(1-2)上方设置有一车刀安装夹具装夹专用铣削工件(1-11)或专用切槽刀(1-1),所述专用铣削工件与垂直设置的专用直刃铣刀(1-10)配合完成铣削过程,所述专用切槽刀与垂直设置的专用车削工件(1-12)配合完成车削,所述基座(1-2)的一侧为斜面,斜面上安装有表面镀银反光镜(1-3),在表面镀银反光镜(1-3)的对侧为一高速相机(8),该高速相机(8)安装在三自由度位移微调平台(4)上,在车铣两用观察装置(1)和高速相机(8)之间,设置有激光光源(2)对准表面镀银反光镜(1-3),该高速相机(8)通过表面镀银反光镜(1-3)反射的光线来记录车削和铣削过程;

所述车铣两用观察装置的基座(1-2)上设置有车削车刀安装夹具(1-4),所述基座(1-2)的一侧斜面的正上方对应的是的镶嵌在车削车刀夹具(1-4)上的蓝宝石玻璃片(1-6),专用铣削工件(1-11)或专用切槽刀(1-1)紧贴所述蓝宝石玻璃片(1-6)上表面设置,所述蓝宝石玻璃片(1-6)下方对应斜面上安装有表面镀银反光镜(1-3),用于将激光光源(2)发射的激光反射至蓝宝石玻璃片(1-6)的工作区域。

2. 如权利要求1所述的拍摄系统,其特征在于,所述车铣两用观察装置(1)一侧设置有气枪(3)吹散铣削部位堆积的切屑,所述测力仪(5)和三自由度位移微调平台(4)还分别与信号同步触发模块(7)和信号采集器(6)相并联。

3. 如权利要求1所述的拍摄系统,其特征在于,所述专用铣削工件(1-11)或专用切槽刀(1-1)上方均设置有夹紧装置(1-8,1-9)。

4. 如权利要求3所述的拍摄系统,其特征在于,所述专用直刃铣刀(1-10)或专用车削工件(1-12)均竖直设置,在工作时分别紧贴专用铣削工件(1-11)或专用切槽刀(1-1)设置。

5. 如权利要求4所述的拍摄系统,其特征在于,所述表面镀银反光镜(1-3)与水平呈45度,所述车削车刀安装夹具(1-4)上设置有锥形通光孔,通光孔上方放置橡胶垫片(1-5),所述蓝宝石玻璃片(1-6)放置在橡胶垫片(1-5)上方。

6. 如权利要求5所述的拍摄系统,其特征在于,在所述车削车刀安装夹具(1-4)和蓝宝石玻璃片(1-6)上方,根据铣削和车削的不同而放置有不同的玻璃压板(1-7)。

7. 如权利要求6所述的拍摄系统,其特征在于,激光光源(2)与气枪(3)安装在带有球副的磁座上,以便地调整位置和姿态。

8. 如权利要求7所述的拍摄系统,其特征在于,三自由度位移微调平台(4)包括底部铝板,所述底部铝板上方连接移动平台,移动平台可沿着XYZ三个方向移动,通过手动旋钮调整位移,其位移移动精度可达微米级别。

9. 根据权利要求书8所述的拍摄系统,其特征在于,所述高速相机(8)与测力仪(5)通过外部触发装置触发后同时工作。

## 一种用于正交车削和铣削过程高速成像的拍摄系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于金属切削加工设备领域,更具体地,涉及一种用于正交车削和铣削过程高速成像的拍摄系统。

### 背景技术

[0002] 金属切削过程的机理研究对于控制已加工工件的表面完整性有着十分重要的影响。金属切削过程包括力热耦合,摩擦学,金属相变,材料大变形等一系列复杂问题,切削变形过程的发生又局部集中在切削区域内(通常为 $1\text{mm}^2$ ),变形发生时间很短,对于切削区域的实验观察就变得非常困难。由此,对于金属切削的研究手段主要局限在解析建模和有限元仿真方面,解析建模通常简化了许多实际问题并提出很多经验假设,不足以完全替代实验研究;有限元仿真同样十分依赖于输入的力热边界条件与材料本构关系,不同的参数仿真导致结果差异很大。

[0003] 传统的金属切削实验研究手段主要有通过快速落刀装置对金属切削区域的变形和切屑形态进行观测,通过对切屑或已加工表面进行金相腐蚀制样处理研究材料组织相变与材料变形,对于金属切削的过程却缺乏相应的直观的记录。传统的金属切削拍摄是在宏观尺度下进行的,或是仅仅只是拍摄静态图片,不能由实验直接反应出金属变形过程与切屑形成过程,且实验研究局限于正交车削,对于正交铣削没有任何有效的拍摄实验装置。

[0004] 将数字图像相关算法(DIC)运用于金属流变运动的观察近年来变成实验力学和材料科学中一种新兴的手段。数字图像相关算法可以根据金属变形过程的图片序列获取金属流动的位移场信息,金属流动的位移场信息直接与切屑形成过程以及金属表面应力状态相关联。但不同于普通的材料力学实验,在高放大倍数下对切削过程进行摄影主要有以下几个难点:(1)要对切削过程清楚拍摄必须采用高速相机,高速相机体积较普通工业相机大,重量重,普通卧式车床没有位置进行稳定安装;(2)切削观察视野范围小,相机必须采用较高的放大倍数,高放大倍数下,相机的景深变得很小,通常只有 $10$ 至 $20\mu\text{m}$ ,而切屑由于变形量大,产生运动后不受控制,不可避免地已与加工表面不在同一个平面内部,通常超过 $10$ 至 $20\mu\text{m}$ ,因此很难拍摄清楚;(3)产生的切屑有可能遮挡视野。由于上述诸多难点,导致将数字图像相关技术运用到切削观察领域变得很困难,急需发明一种简单可靠的装置来拍摄高质量的切削视频。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种用于正交车削和铣削过程高速成像的拍摄系统,其包括车铣两用观察装置,激光光源,高速相机,信号采集器和信号同步触发模块。该拍摄系统能够拍摄在介观尺度下的切削和铣削过程,在相机镜头放大倍数为 $7$ 倍(每像素 $0.8$ 微米)下仍可清晰拍摄切屑形成全过程,通过改变少量零部件,便可以实现铣削与车削的转换拍摄。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供了一种用于正交车削和铣削过程高速成像的观察系

统,其特征在于,其包括车铣两用观察装置,激光光源和高速相机,

[0007] 其中,所述车铣两用观察装置底部的基座安装在一测力仪上,基座上方设置有一车刀安装夹具装夹专用切槽刀或者是专用铣削工件,并与垂直设置的专用车削工件或专用直刃铣刀配合完成车削或铣削过程,所述基座的一侧为斜面,斜面上安装有表面镀银反光镜,在表面镀银反光镜的对侧为一高速相机,该高速相机安装在三自由度位移微调平台上,在车铣两用装置和高速相机之间,设置有激光光源对准表面镀银反光镜,该高速相机通过表面镀银反光镜反射的光线来记录车削和铣削过程。

[0008] 具体地,车铣两用观察装置用于装夹专用切槽刀或者是专用铣削工件,完成铣削和车削过程,所述激光光源通过照射表面镀银平面镜,改变光路,用于将光线反射入所述高速相机的镜头中;激光光源为高帧率,为小视野下的高速相机提供稳定的强光光源;三自由度位移微调平台用来对准视野和调焦距;信号采集器采集测力仪产生与相机产生的信号;信号同步触发模块同步切削力信号与相机信号。采用激光光源而不采用普通光源,因为激光光源稳定,光强足够强,能够满足高帧率下相机所需要光强,且激光平行度高,有利于将高强度集中照射在很小的切削区域范围内。待切削工作开始时,及时开启气枪,将切削产生的切屑吹走,避免切屑堆积干扰观察。

[0009] 进一步优选地,所述车铣两用观察装置一侧设置有气枪吹散铣削部位堆积的切屑,所述测力仪和三自由度位移微调平台还分别与信号同步触发模块和信号采集器相并联。设置气枪可以及时吹散堆积的切屑,避免切屑将切削部分挡住,影响高速相机的拍摄。所述测力仪与车铣两用观察装置底部连接,用于测量切削力信号;所述信号同步触发模块同时触发相机与测力仪记录信息,使力信号与视频信号同步;信号采集器采集测力仪产生与相机产生的信号;信号同步触发模块同步切削力信号与相机信号。

[0010] 进一步优选地,所述车铣两用观察装置的基座上设置有车削车刀安装夹具,所述基座的一侧斜面的正上方对应的是的镶嵌在车削车刀夹具上的蓝宝石玻璃片,专用铣削工件或专用切槽刀紧贴所述蓝宝石玻璃片上表面设置,所述蓝宝石玻璃片下方对应斜面上安装有平面镀银反光镜,用于将激光光源发射的激光反射至蓝宝石玻璃片的工作区域。

[0011] 进一步优选地,所述专用铣削工件或专用切槽刀上方均设置有夹紧装置,用于将整个装置压紧。

[0012] 进一步优选地,所述专用直刃铣刀或专用车削工件均竖直设置,且在工作时分别紧贴专用铣削工件或专用切槽刀设置。铣刀为直刃无圆角铣刀,车刀为正交无圆角切槽刀。

[0013] 进一步优选地,所述表面镀银平面镜与水平呈45度,所述车削车刀安装夹具上设置有锥形通光孔,通光孔上方放置橡胶垫片,所述蓝宝石玻璃片放置在橡胶垫片上方。通过改变设置45°角平面镀银反射镜改变光路,将车削实验平台搬到了铣床上,从而解决了一般卧式车床没有更多位置安放夹具的弊端,整个实验平台只需要放在普通立式铣床上即可完成,不需要另设复杂夹具,增强了实用性。而锥形通光孔的设置,能够使光线更好地反射到切削部位,锥形通光孔带有斜坡能使光线最大化照射在工件上,同时使高速相机能够清晰地拍摄整个铣削过程。蓝宝石玻璃片与专用铣削工件或专用切槽刀以一定压力接触,设置橡胶垫片能够避免蓝宝石玻璃片被压碎。

[0014] 进一步优选地,在所述车削车刀安装夹具和蓝宝石玻璃上方,根据铣削和车削的不同而放置有不同的玻璃压板。

[0015] 进一步优选地,激光光源与气枪安装在带有球副的磁座上,以便地调整位置和姿态。

[0016] 进一步优选地,三自由度位移微调平台包括底部铝板,所述底部铝板上连接移动平台,移动平台可沿着XYZ三个方向移动,通过手动旋钮调整位移,其位移移动精度可达微米级别。将高速相机安装在三自由度位移微调平台上,能够解决高速相机体积大、重量大、难以安装的问题,且三自由度位移平台用于微调相机拍摄视口和对焦,能够在三个自由度上实现高速相机的精确位移控制,有利于拍摄出高质量的视频。

[0017] 进一步优选地,所述高速相机与测力仪通过外部触发装置触发后同时工作。总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,具有以下优点和有益效果:

[0018] (1) 普通的切削视频拍摄一般设在宏观尺度下进行的,无法为切削机理的揭示提供有效信息,快速落刀装置只可以获得在某些特定时刻切削的状态,无法获取切削全过程视频信息,本发明的拍摄系统采用车铣两用观察装置,激光光源和高速相机进行拍摄,所述车铣两用观察装置的结构设计,使其能够同时实现正交切削和铣削过程,配合激光光源和高速相机,通过改变少量零部件,便可以实现铣削与车削的转换拍摄。且该系统的高速相机设置在三自由度位移微调平台,不仅能够解决高速相机体积大、重量大、难以安装的问题,还能够进行三个维度的精确控制,从而稳定地获得在介观尺度下的高质量切削和铣削过程的视频图像。

[0019] (2) 所述车铣两用观察装置通过在工件表面增加蓝宝石玻璃片,解决了工件与切屑不在同一个表面的难题,从而使得在介观尺度下仍然能够拍摄清晰的图片。通过改变设置 $45^\circ$ 角平面镀银反射镜改变光路,巧妙地将车削实验平台搬到了铣床上,从而解决了一般卧式车床没有更多位置安防夹具的弊端,整个实验平台只需要放在普通立式铣床上即可完成,不需要另设复杂夹具,增强了实用性。

[0020] (3) 气枪的设置能够及时吹走切削部位的切屑,避免影响高速相机成像。而表面镀银平面镜的角度设置以及锥形通光孔的设置,能够使光线更好地反射到切削部位,通光孔带有斜坡能使光线最大化照射在工件上,同时使高速相机能够清晰地拍摄整个铣削过程。玻璃片与专用铣削工件或专用切槽刀以一定压力接触,但由于橡胶垫片的存在,不会导致玻璃被压碎。

[0021] (4) 本发明的拍摄系统在相机镜头放大倍数为7倍(每像素0.8微米)下仍可清晰拍摄切屑形成全过程,只需要改变少部分零部件即可实现从切削拍摄装置向铣削拍摄装置的转换,该拍摄系统构造简单且实用性高,拍摄的视频图像质量高且稳定性好,对于铣削拍摄装置的开发对于切削实验认识具有重要意义。

## 附图说明

[0022] 图1为本发明的用于正交车削和铣削过程高速成像的拍摄系统的总结构图;

[0023] 图2(a)和2(b)为本发明中车铣两用观察装置车削装置结构示意图;

[0024] 图3(a)和3(b)为本发明中车铣两用观察装置铣削装置结构示意图;

[0025] 图4(a)和4(b)为本发明使用的铣刀其工件示意图;

[0026] 图5(a)和5(b)为本发明使用的车刀及其工件示意图。

## 具体实施方式

[0027] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0028] 参照图1,一种用于正交车削和铣削过程高速成像的拍摄系统,共包括车铣两用观察装置1、激光光源2、气枪3、三自由度位移微调平台4、测力仪5、信号采集器6、信号同步触发模块7、高速相机8。整个装置放置在立式铣床的工作台上,高速相机8与位移微调平台4连接,可以实现微米级微小平移,实现观察视野的对准和镜头聚焦,激光光源2将光线照射在反射镜上,由反射镜反射光线至待观察区域。采用激光光源而不采用普通光源,因为激光光源稳定,光强足够强,能够满足高帧率下相机所需要光强,且激光平行度高,有利于将高光集中照射在很小的切削区域范围内。待切削工作开始时,及时开启气枪,将切削产生的切屑吹走,避免切屑堆积干扰观察。

[0029] 参照图2(a)和2(b),所述车铣两用观察装置中铣削装置结构共包括测力仪5、基座1-2,平面镀银反射镜1-3,车刀安装夹具1-4,橡胶垫片1-5,蓝宝石玻璃1-6,玻璃压板1-7,专用直刃铣刀1-10,专用铣削工件1-11,夹紧装置1-8。该装置工作原理如下:由于反射镜与水平面呈 $45^\circ$ ,铣刀与工件在反射镜中所成虚像正好在垂直平面内,即由此实现了从水平面到垂直面成像的转换,此处采用表面镀银而非普通的底面镀银反射镜,是为了尽量减少由于玻璃折射带来的成像失真。车刀安装夹具1-4上开有带锥度的圆孔,使得能够接入的光线更多,激光照射在平面镜上,由平面镜反射光线至想要观察的区域。由于相机在高放大倍数下景深的限制,工件与切屑必须严格限制在同一个平面内,否则不能同时观察清楚。为使工件与切屑在同一平面内部,必须加以玻璃作为限制,普通玻璃硬度不够,会导致玻璃表面被切屑划伤,故采用具有高硬度的蓝宝石玻璃片。在采用玻璃压板1-7和夹紧装置1-8将工件和玻璃压紧时,由于产生一定的压力,若不采用橡胶垫片作为缓冲,玻璃很容易被压碎,故在蓝宝石玻璃1-6下方放置橡胶垫片1-5,铣刀安装在普通立式铣床的主轴上即可,上述装置所有连接部位皆为螺钉连接。

[0030] 参照图3(a)和3(b),所述车铣两用观察装置中车削装置结构共包括测力仪5,基座1-2,平面镀银反射镜1-3,车削车刀安装夹具1-4,橡胶垫片1-5,蓝宝石玻璃片1-6,专用切槽刀1-1,夹紧装置1-9,专用车削工件1-12。可以看出,车削用观察装置与铣削用观察装置具有大部分相同装置,只有上部夹持装置不同,因此实现了同一套夹具进行两种不同实验观察的目的。该装置的工作原理如下:基座1-2与测力仪5相连,平面镀银反射镜1-3将水平面成像转化为竖直面成像,车削车刀安装夹具上设置有锥形通光孔,便于接收光线,通光孔上方放置橡胶垫片1-5,垫片上方放置蓝宝石玻璃片1-6,专用切槽刀片1-1紧贴蓝宝石玻璃片,由刀具压板压紧。圆形棒料由立式铣床主轴夹紧,切削时工件运动,刀具静止,工件转动,正好形成正交车削,上述装置所有连接部位皆为螺钉连接。

[0031] 为提高拍摄的切削视频质量,上述专用直刃铣刀1-10,专用铣削工件1-11,专用切槽刀1-1,专用车削工件1-12都需要经过特殊处理;如图4(a)和4(b)所示,1-10为铣削观察的专用直刃铣刀,上端为圆柱形,铣刀刀刃为直刃保证产生的切屑与工件在同一平面内,刀尖圆角需要刃磨,铣刀下底面为观察面,需研磨至 $Ra1.6$ 。1-11为专用铣削工件,为保证平面

度与直线度,需采用线切割方式加工,再采用砂纸打磨去除表面氧化层,为防止打磨后加工表面产生镜面反光,工件打磨后需采用硅微粉进行硼砂处理。如图5(a)和5(b)所示,1-1为车削专用切槽刀,1-12为专用车削工件,上端为圆柱形,专用切槽刀1-1由普通切槽刀改制而成,刀具的前刀面后刀面需采用砂轮打磨,否则在高倍数下呈现不规则边缘,不利于观察。车削专用刀具的底面(即观察面)同样需要经过先打磨成平面后再喷砂的处理,打磨是为了使观察面平整,喷砂处理是为了防止打磨后车刀表面产生镜面反光,不利于打光和相机观察。专用车削工件1-12底部先后经过打磨与喷砂处理,喷砂可以在工件底部刻画更多的特征点,这些特征点的运动可以反映切削材料变形运动,有利于后续的视频分析。车削工件1-12上开有环形槽,确保切削时切屑能够更流畅地从工件上分离下来,形成规则切屑。

[0032] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

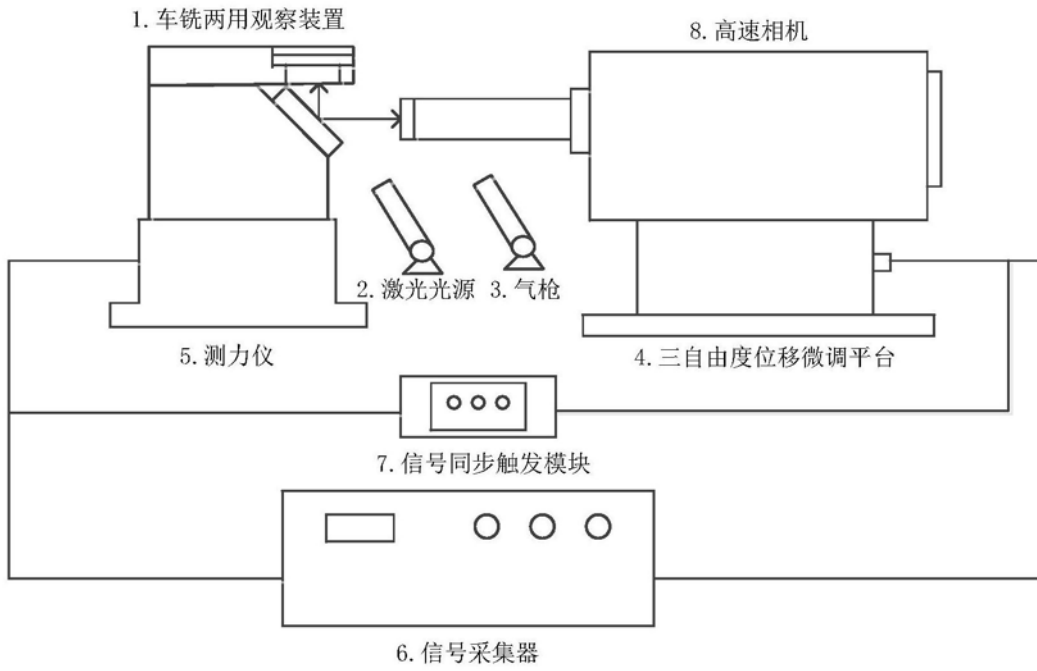


图1

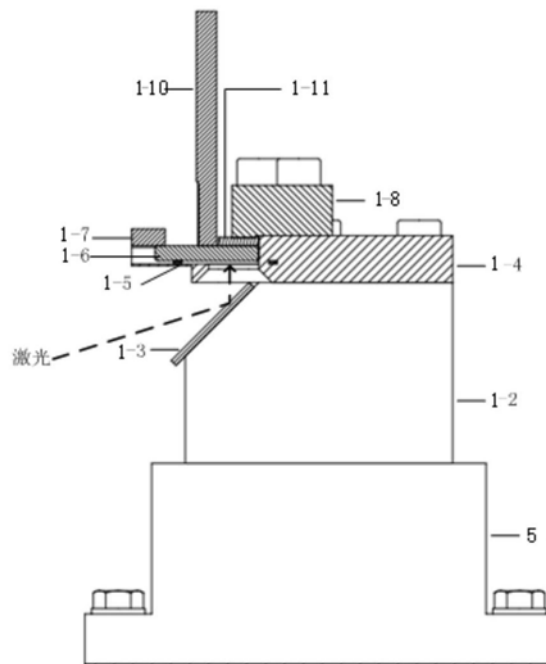


图2 (a)



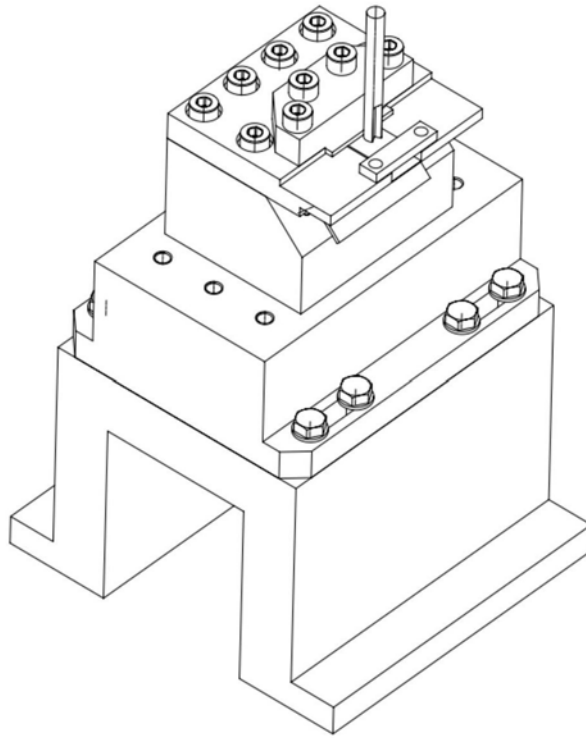


图2 (b)

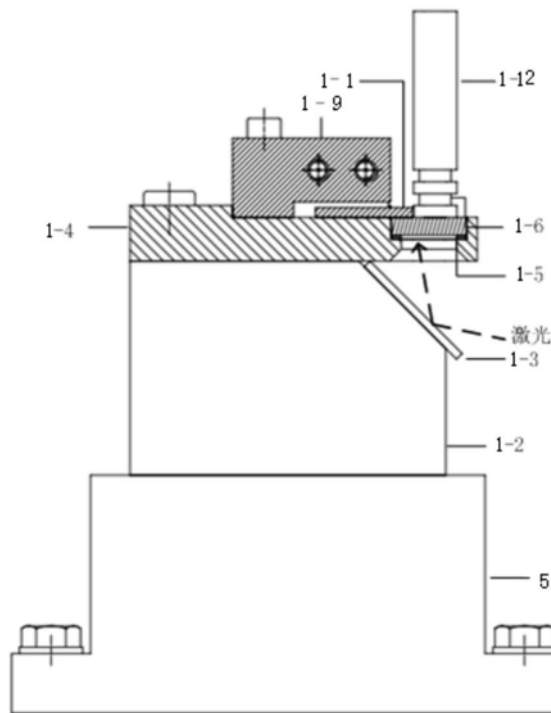


图3 (a)

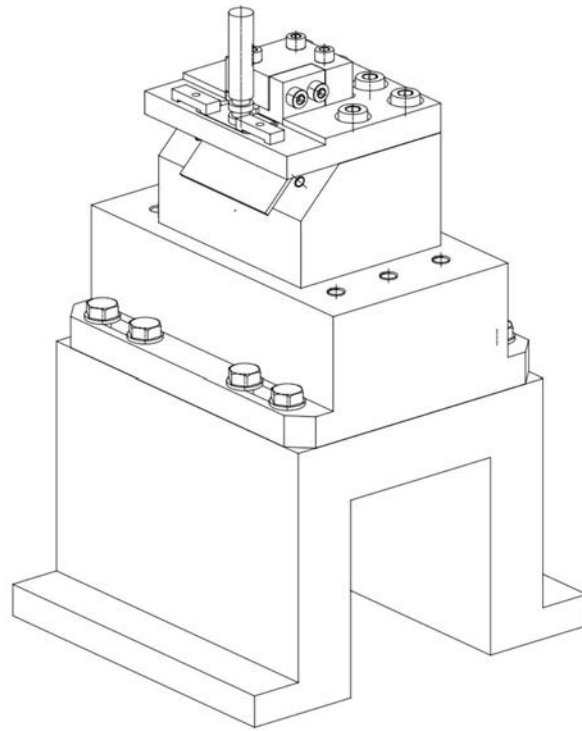


图3 (b)

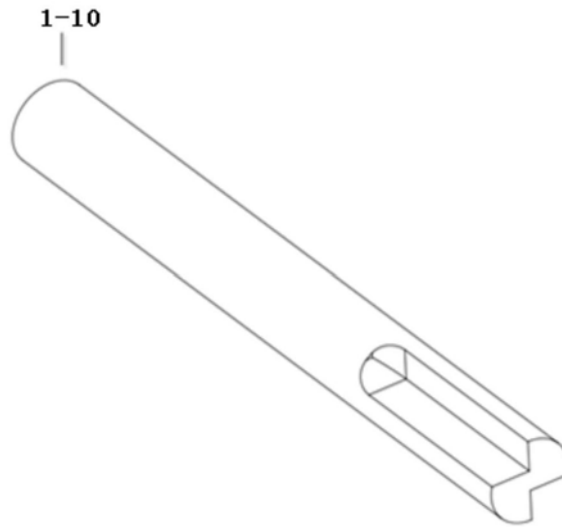


图4 (a)



图4 (b)

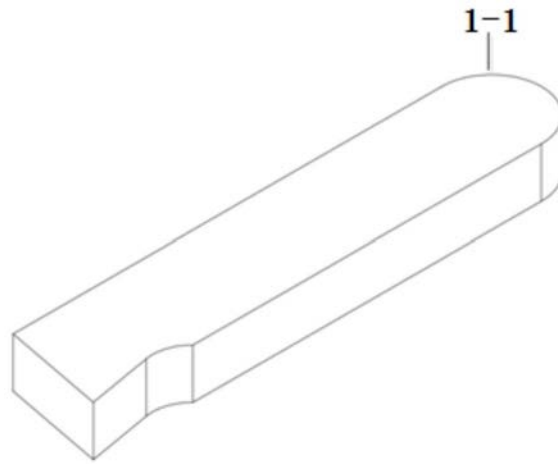


图5 (a)

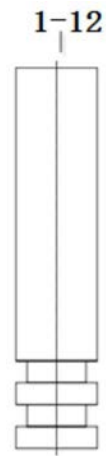


图5 (b)