(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 103192147 A
(43)申请公布日 2013.07.10

(21)申请号 201310092938.6

(22)申请日 2013.03.22

(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 王之桐

(74)专利代理机构 北京和信华成知识产权代理事务所（普通合伙）11390
代理人 王艺

(51)Int.Cl.
B23H 7/38(2006.01)
B23H 9/04(2006.01)

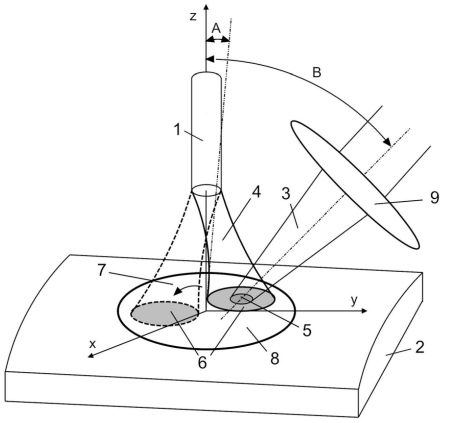
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

移动激光焦点诱导的脉冲微弧放电方法及其应用

(57)摘要

本发明公开了一种移动激光焦点诱导的脉冲微弧放电的方法及其应用。该方法使用工具电极和工件构成电极对，激光脉冲聚焦在工件表面形成高电离区，诱导工具电极向高电离区放电；同时激光焦点按照预设的频率和路径移动，放电点受到高电离区的诱导随着激光焦点移动，从而实现放电点可控的、有序的运动。该方法在保证放电位置设定分布的前提下，通过控制激光焦点的扫描面积对电弧压力实施控制，从而在相同的输入能量下，获得相对平坦的工件表面，减少后期磨削量，增大有效强化深度。



CN 103192147 A

1. 一种移动激光焦点诱导的脉冲微弧放电方法，包括：使用工具电极和工件构成电极对，激光脉冲聚焦在工件表面形成高电离区，诱导工具电极向高电离区放电；同时激光焦点按照预设的频率和路径移动，放电点受到高电离区的诱导随着激光焦点移动，从而实现放电点可控的、有序的运动。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，

所述工具电极轴线与工件表面法线具有夹角 A，工具电极轴线与激光束具有夹角 B；其中，0° ≤ A ≤ 45°，40° ≤ B ≤ 50°。

3. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，

信号发生器同步控制激光器和放电电源发出激光脉冲和放电脉冲，电极间隙在激光诱导下被击穿形成电弧放电，同时可使用氩气进行保护。

4. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，

通过控制激光焦点的扫描面积来控制平均电弧压力。

5. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，

通过移动激光焦点诱导放电，可以将电弧压力分布从尖顶变为平顶，从而降低电弧压力。

6. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，

通过移动激光焦点诱导放电，可以获得较为平坦的强化表面，减小后期磨削量，增大有效强化深度。

7. 如权利要求 1 ～ 7 中任意一项所述的方法，其特征在于，

通过在工件表面添加合金粉末，改变强化点的化学成分，获得不同性能的强化点。

8. 一种如权利要求 1 ～ 8 中任意一项所述移动激光焦点诱导的脉冲微弧放电方法的应用，其特征在于，

该方法可用于金属轧辊的表面离散强化处理。

移动激光焦点诱导的脉冲微弧放电方法及其应用

技术领域

[0001] 本发明涉及一种激光诱导脉冲微弧放电方法，尤其涉及一种移动激光焦点诱导的脉冲微弧放电方法及其应用。

背景技术

[0002] 自从激光诱导放电(LGD)现象在20世纪70年代发现后，很多人对激光等离子体与电场的相互作用机理进行了研究，同时此现象在材料加工上的应用已经有了报道。例如，在大气环境下利用脉冲CO_2激光诱导放电在铝箔上进行了打孔实验，在低气压下使用532倍频YAG激光进行了刻字和加工工件内部的研究。打孔和刻蚀是利用激光诱导放电的高峰值功率对材料进行去除加工，同时利用激光诱导放电的热效应进行材料表面强化也是一个研究方向。

[0003] 目前，现有的激光诱导放电材料表面强化技术方法使用固定激光焦点诱导放电。例如，中国专利：申请号200510132763.2，发明名称：高重频脉冲激光诱导电极定向放电的方法及该方法的应用。例如，中国专利：申请号200510132765.1，发明名称：轧辊表面高重频脉冲激光诱导电极定向放电的毛化装置。在固定激光焦点诱导放电过程中，高峰值功率激光脉冲聚焦在阳极表面形成局部高电离区，阳极斑点的位置受到该区域的诱导被固定，电弧压力随之增大。轧辊表面熔化的金属在电弧压力作用下形成凹坑和凸起，产生了表面起伏。为了保证轧辊表面的光洁度，需要磨削后使用。显然浅的凹坑和矮的凸起将减少后期磨削量，增大有效强化深度。因此要求在保证强化点设定分布和输入能量的前提下，降低电弧压力，获得相对平坦的强化表面，满足工件表面强化的要求。

发明内容

[0004] 本发明针对现有的固定激光焦点诱导放电的方法电弧压力较大的缺陷，提出一种移动激光焦点诱导的脉冲微弧放电方法及其应用，以满足材料表面强化的要求。

[0005] 为了解决上述问题，本发明的技术解决方案为：使用工具电极和工件构成电极对，激光脉冲聚焦在工件表面形成高电离区，诱导工具电极向高电离区放电；同时激光焦点按照预设的频率和路径移动，放电点受到高电离区的诱导随着激光焦点移动，从而实现放电点可控的、有序的运动。

[0006] 进一步，所述工具电极轴线与工件表面法线具有夹角A，工具电极轴线与激光束具有夹角B；其中，$0° \leqslant A \leqslant 45°$，$40° \leqslant B \leqslant 50°$。

[0007] 进一步，信号发生器同步控制激光器和放电电源发出激光脉冲和放电脉冲，电极间隙在激光诱导下被击穿形成电弧放电，同时可使用氩气进行保护。

[0008] 进一步，通过控制激光焦点的扫描面积来控制平均电弧压力。

[0009] 进一步，通过移动激光焦点诱导放电，可以将电弧压力分布从尖顶变为平顶，从而降低电弧压力。

[0010] 进一步，通过移动激光焦点诱导放电，可以获得较为平坦的强化表面，减小后期磨

削量，增大有效强化深度。

[0011] 进一步，通过在工件表面添加合金粉末，改变强化点的化学成分，获得不同性能的强化点。例如：添加碳，增加强化点的硬度。

[0012] 一种如上任意一项所述移动激光焦点诱导的脉冲微弧放电方法的应用，可用于金属轧辊的表面离散强化处理。

[0013] 采用本发明的方法后，可在金属轧辊表面形成离散分布的强化点，同时获得相对平坦的轧辊表面。该方法通过调整放电参数可以控制强化点直径和深度，通过调整加工参数可以控制强化点的分布，通过添加合金粉末可以控制强化点性能。该方法使用小能量的激光冲来触发和诱导放电，整个加工过程以放电能量为主，能量转换效率高。同时，激光诱导克服了放电的随机性，放电点和激光焦点重合，实现了加工点的设定分布。与面状强化相比，该离散强化金属轧辊方法在保留基体韧性的前提下形成高硬度的强化点，既提高了表面的耐磨性和疲劳性能，又减小了热输入，不需要复杂的工艺措施就能够避免工艺裂纹的产生。

附图说明

[0014] 图 1 为本发明的原理图；

[0015] 图 2 为本发明激光焦点移动方式说明图；

[0016] 图 3 本发明实施例的电弧压力分布和固定激光焦点电弧压力分布比较的示意图；

[0017] 其中，1- 工具电极，2- 工件，3- 激光，4- 电弧，5- 激光焦点，6- 放电点，7- 激光焦点移动路径，8- 强化点，9- 透镜，10- 扫描振镜，11- 扫描振镜的摆动方向，A- 工具电极轴线与工件表面法线的夹角，B- 工具电极轴线与激光束的夹角。

具体实施方式

[0018] 下文中将结合附图对本发明的实施例进行详细说明。需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互任意组合。

[0019] 本发明的技术解决方案为：使用工具电极和工件构成电极对，激光脉冲聚焦在工件表面形成高电离区，诱导工具电极向高电离区放电；同时激光焦点按照预设的频率和路径移动，放电点受到高电离区的诱导随着激光焦点移动，从而实现放电点可控的、有序的运动。这样在保证放电位置设定分布的前提下，通过控制激光焦点的扫描面积对电弧压力实施控制，从而在相同的输入能量下，降低工件表面起伏，减少后期磨削量，增大有效强化深度。

[0020] 如图 1 所示，圆柱形的工具电极 1 和工件 2 构成电极对，工具电极 1 为负极，工件 2 为正极并接地。工具电极轴线与工件表面法线具有夹角 A，工具电极轴线与激光束具有夹角 B；其中，0° ≤ A ≤ 45°，40° ≤ B ≤ 50°。在本实施例中，工件 2 为轧辊，工具电极 1 垂直工件 2，即 A=0°。在另一个优选实施例中，A=30°。

[0021] 调整工具电极 1 和轧辊 2 表面的距离，例如：小于 1mm，保证电极之间能形成自由放电电弧 4。

[0022] 如图 2 所示，激光 3 通过一维扫描振镜 10 反射后，使用透镜 9 聚焦在轧辊 2 表面。激光 3 与工具电极 1 成一定夹角度 B，例如：45 度。

[0023] 信号发生器同步控制激光器和放电电源发出激光脉冲和放电脉冲。

[0024] 在激光焦点 5 的诱导作用下放电点 6 与激光焦点 5 重合，实现激光诱导放电。加工能量由放电电源通过控制脉冲放电宽度和脉冲放电电流来提供。

[0025] 一维扫描振镜 10 在计算机软件和相关电路控制下按照一定的摆动方向 11 和频率运动，激光焦点 5 随之沿一定路径、以一定的频率发生移动。放电点 6 在激光焦点 5 的诱导下也随之发生移动。当两维扫描振镜配合使用时，可以控制激光焦点的两维位置，从而通过激光焦点 5 诱导放电点 6 移动，控制放电面积 8。

[0026] 激光焦点 5 的扫描面积 8 被加热，并形成熔凝区。随后，经自淬火冷却，也就是熔凝区通过工件自身的热传导快速淬火，在工件表面形成强化组织即图中所示的强化点 8。

[0027] 通过控制激光焦点 5 的扫描面积 8 可以控制电弧压力，在保证输入能量的前提下，降低电弧压力，获得相对平坦的轧辊表面，减小后期磨削量，增加有效强化深度。如图 3 所示，可以看出相比固定激光的电弧压力，移动激光焦点可以将电弧压力分布从尖顶变为平顶，从而降低电弧压力。

[0028] 在放电过程中，工具电极 1、放电电弧 4 和强化点 8 都受到氩气保护。

[0029] 当激光焦点 5 移动到下一个位置后，后形成的高电离区和前一个激光焦点 5 位置对电弧 4 形成了竞争关系。相对静止激光焦点诱导放电来说，移动激光诱导放电要求激光脉冲有更强的诱导放电能力，和足够的停留时间，以便吸引电弧形成移动的放电点。

[0030] 可以通过在工件表面添加合金粉末，改变强化点的化学成分，获得不同性能的强化点。例如：添加碳，增加强化点的硬度。

[0031] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已，并不用于限制本发明，对于本领域的技术人员来说，本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

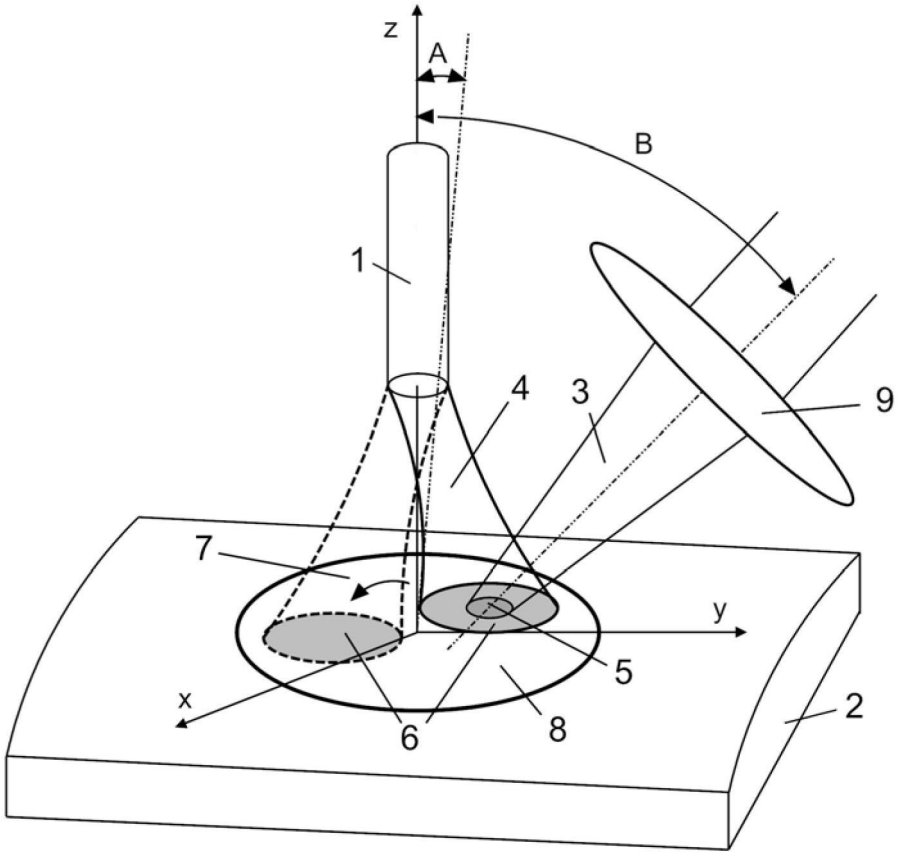


图 1

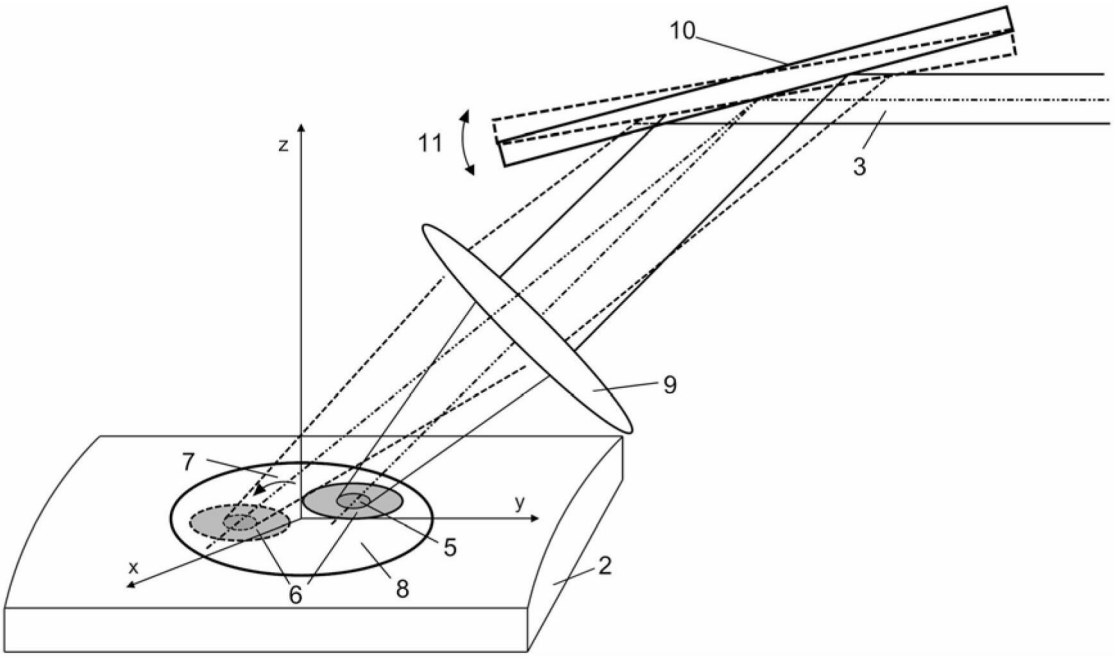


图 2

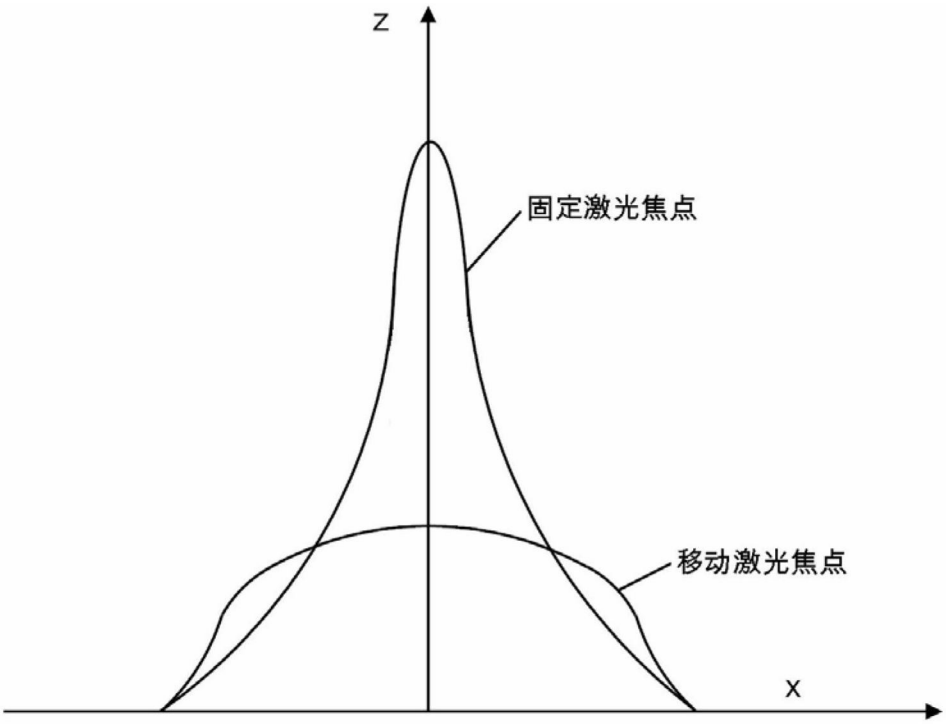


图 3