

金刚石空芯钻的激光焊接

庞振华 杨惠宁 潘瑞娟

(广州市光机电工程研究开发中心, 广州, 510630)

摘要: 选用 5 种规格的金金刚石空芯钻头作为激光焊接对象, 总结出焊接方法和工艺参数, 并给出部分产品的现场使用情况。

关键词: 金刚石空芯钻 激光焊接 工艺参数

Laser welding of diamond core drill

Pang Zhenhua, Yang Huining, Pan Ruijuan

(Guangzhou Research and Development Center of
Optics-Mechanics-Electricity Engineering, Guangzhou, 510630)

Abstract: Five specifications of diamond core drill have been selected as laser welding object. The welding methods and process parameters, such as laser power, welding speed, focused position and assistant gas have been studied. Some practical application results are introduced.

Key words: diamond core drill laser welding process parameter

引 言

金刚石空芯钻是一种新型的钻孔工具, 它具有钻孔尺寸精确、速度快、对材料周边无损坏和无需后续工序等特点, 因而被广泛的应用于各种石材及钢筋水泥墙的钻孔。在安装水、暖、电、气等各种管道以及其它的打孔施工方面显现出特有的优越性。

4 结 论

在极值法监控膜厚淀积的镀膜系统上, 采用变过正量的监控方法不仅可提高淀积规整膜系时的层厚监控精度, 也可提高淀积非规整膜系时的层厚监控精度。

目前, 采用极值法监控的镀膜机都是使用统一的过正控制量来自动淀积膜系的每层膜, 如果能设计出可任意设置膜层淀积过正控制量的全自动镀膜机, 必然能使其具有更好的监控性能, 获得与设计值更为接近的成膜。

参 考 文 献

- 1 周九林. 光学薄膜技术. 北京: 国防工业出版社, 1974: 186
- 2 Macleod H A. Appl Opt, 1981; 20: 82
- 3 张晓晖. 光纤通信用光学薄膜器件的研制. 华中科技大学博士学位论文, 2000
- 4 Macleod H A. Thin-Film Optical Filters. London: Adam Hilger Ltd, 1969: 395

作者简介: 张晓晖, 女, 1965 年 3 月出生。博士, 副教授。从事光学薄膜及军用激光测距仪的研究。

金刚石空芯钻的工作部分为刀头,它通常是由金刚石和金属粉末组成的胎体材料经过热压烧结而成的。传统的钻头制造方法是采用高频焊把刀头钎焊在基体的钢套上,市场上还有一类空芯钻是采用电沉积的方法用镍、钴把金刚石包镶在钻头基体上。这两种钻头都存在着严重的缺点:钎焊的钻头常常在高速旋转工作时产生热量使钎料软化或熔化,出现刀头脱落现象^[1];而电沉积空芯钻则由于金刚石工作层太薄而导致使用寿命较短。与前者相比,激光焊接空芯钻头则显示了强大的优势。由于采用高能量激光束将刀头和基体很好的熔合在一起,形成冶金结合,故焊接强度高,而且热影响区比较小,这样使激光焊接的钻头具有较高的剪接强度和高温强度,在使用时能承受高温和较大的冲击,即使在缺水的情况下也不易出现刀头脱落情况,因而大大地延长了钻头的使用寿命。

目前,市面上日本进口的 λ 激光焊接钻头在国内的售价每个是 1000 元以上,价格昂贵且市场需求量在逐年上升。市场虽然看好,但技术难度很大。首先是粉末冶金烧结的刀头与基体的焊接强度必须保证;其次是刀头外缘比钢套厚 1mm,影响了焊缝的深度;再者受工位影响,不易实现双面焊接。我们在被国家科委列为“九五”科研攻关计划的“CO₂激光焊接金刚石圆锯片的工艺研究”项目完成后,将圆锯片的激光焊接技术移植到空芯钻头激光焊接上,并因地制宜,改进技术,经过大量的实验,克服了技术难点,成功地实现了 f25, f51, f63, f76, f108 等 5 种规格钻头的激光焊接,产品已经在国内试销,且在现场使用中效果令人满意。

1 试验条件及方法

试验采用国产 HJ-3000 型横流 CO₂ 激光器,输出模式为 TEM₁₀,最大输出功率为 1300W。焦距 $f=100\text{mm}$,光束直径 $f19$,经反射式抛物聚焦镜聚焦后,光斑直径约为 0.2mm。用氮气作保护气,侧吹喷嘴与焊接平面成 30°角,吹向熔池后沿附近。工作台上的两部旋转马达分别用于空芯钻的内、外双面焊接,钢套和刀头采用专门设计的夹具固定在马达上,钻头的轴向与激光束成一定角度。

钢套基体材料选用经过调质处理的 45[#] 钢管,壁厚 2.5mm。采用特殊设计烧结而成的环形整体式刀头。刀头具有 1mm 的过渡层,以便与钢基体焊接。刀头厚度为 4mm,焊接前必须把刀头与基体的接触面用细砂纸磨平,做到吻合良好,从而减少漏光造成的能量损失。用丙酮清洗干净准备焊接的部位。焊接时激光束偏向基体多一些,并采用适当的负离焦量。焊后检查有无气孔,再选取一些钻头装在打孔机上,在钢筋混凝土和石材试块上进行焊接强度实际测试。

2 结果分析

2.1 刀头设计及质量要求

通常,烧结出来的刀头为单体式刀头,焊接时用夹具将多个单体刀头装夹在钢套的端面上,如图 1 所示。这种方法装夹效率比较低,刀头与钢套的同心度也不好。而且在焊接时激光输出是连续的,且稍偏向于基体,而单体刀头在钢套上的排列是不连续的,这样就会使不与刀头接触的那一段基体边

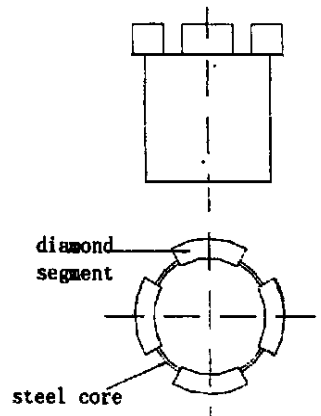


Fig. 1 The structure of single segment diamond core drill

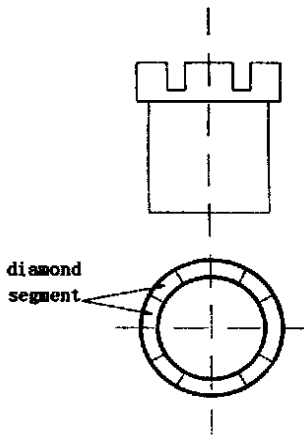


Fig. 2 The structure of whole segment diamond core drill

缘被熔化,影响钻头的外观。更严重的是,由于“小孔”效应的存在,使得每个单体刀头根部焊缝的起始端和尾端出现豁槽,而且在这两个位置刀头接受激光的辐射能量分别骤升和骤降,也是应力比较集中的地方,尤其是尾端易存在收尾弧坑裂缝^[2]。为了解决这个问题,我们对刀头的烧结模具进行了精心设计,烧结出环形整体式刀头,如图2所示。有效地扼制了焊接缺陷的产生。

由于采用粉末冶金方法烧结出来的金刚石刀头工作层与基体之间的可焊性比较差,焊缝易出现连续的气孔,该处的金刚石也会因为直接受到高温而碳化,最重要的是焊接强度很低,达不到要求。所以,烧结时需为刀头设计1mm的过渡层,从而提高了刀头与基体的可焊性,焊接强度大大地提高,焊缝光滑、无气孔和裂纹。工作层中的金刚石也不会受到高温的影响,从而保持了金刚石的强度。但在实际焊接中,尤其是在

必须采用高功率焊接的时候,刀头中的过渡层和金刚石工作层会因为膨胀系数不同而在它们之间产生裂纹,为此,我们在过渡层和工作层之间又加入了适当的铜、镍混合金属粉,这样通过液相烧结,在过渡层和工作层之间形成铜合金粘结相,使这两部分有机的结合在一起,有效地解决了焊接时该处易产生裂纹的问题。

此外,刀头的密度影响着焊接强度,高密度的刀头获得较好的焊接效果。所以,在烧结刀头时,需要适当的提高烧结温度和压力,并保温一定时间,同时,不可忽视高温对金刚石性能的影响。我们在烧结时采用20MPa压力,温度为900℃,保温4min。

2.2 焊接工艺

2.2.1 激光功率 激光深熔焊时,激光功率同时控制熔透深度和焊接速度。其中焊接深度直接与光束的功率密度有关。当光斑直径一定时,熔深随功率的提高而增加,但是当激光功率过高时,熔池沸腾过于激烈,导致空洞的出现,使焊接的强度降低,且焊缝过宽,不够光滑,影响外观。经过大量的实验,我们确定比较满意的焊接功率为1100W。

2.2.2 焊接速度 焊接速度同激光功率一起影响着焊接深度。在不影响“小孔”效应的前提下,可以使激光功率维持在某一临界值,而通过控制焊接速度来调节焊接深度,从而使激光器输出窗口承受尽可能小的功率密度,达到延长窗口使用寿命的目的。焊接速度的选择要适当。过高的焊接速度会使熔深过浅,并且会因焊缝中的有害气体来不及逸出而产生过多的气孔;过低的焊接速度则会使焊缝过宽,有空洞出现,易产生裂纹,而且热影响区会随之增大,使工作层与过渡层之间出现裂纹。这种情况在激光功率过高时也同样存在。试验中令激光功率保持1100W,采用700mm/min的焊接线速度。

2.2.3 焦点及激光束位置 焊接时,为了保持足够的功率密度,焦点位置至关重要。焦点与工件表面相对位置的变化直接影响焊缝宽度与深度。实际焊接空芯钻过程中,我们采用了1mm的负离焦量,获得的单面焊接深度超过基体厚度的2/3。光束偏向于基体0.2mm,这样基体材料钢首先熔化,

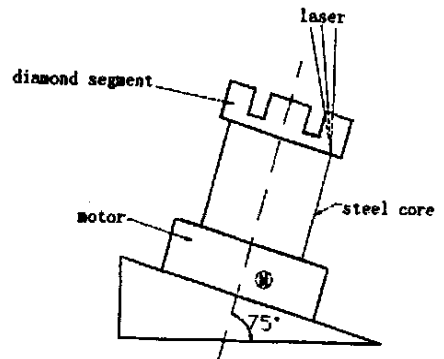


Fig. 3 The schematic diagram of reverse welding diamond core drill

然后, 熔化了了的钢加热刀头并使刀头内侧一层熔化, 二者实现冶金结合^[3], 获得较高的焊接强度, 而且焊缝为中碳成分组成, 具有较好的抗裂性。由于刀头比基体厚, 故使激光束向钢套轴向倾斜 15°, 不但可以获得较好的角焊效果, 还可以避免金属飞溅损伤反射镜。反面焊接时, 我们将已经正面焊接好的钻头以 75° 仰角装夹在马达上, 如图 3 所示, 使光束可以达到焊缝处, 对正面焊接起到了加固作用, 实现了 f51 尺寸以上钻头的双面焊。

事实上, 高质量的正面单面焊焊缝深度超过基体的 2/3, 其强度完全达到使用要求。我们曾经将 5 个单面焊 f63 的钻头拿到施工现场去试用, 直到金刚石工作层完全消耗掉, 也没有出现刀头脱落的现象。

2.2.4 保护气体及流量 激光焊接时保护气不但可以保护焊缝不被氧化, 避免聚集抛物镜受到金属蒸气污染和液体熔滴的溅射, 而且还有抑制激光焊接过程中产生的等离子体的作用, 因而, 对熔深有很大的影响。焊接时, 我们以氮气作为保护气, 采用同轴保护气加侧吹喷嘴保护方法, 侧吹喷嘴与焊接平面成 30°, 并避免直吹熔池而影响焊缝成型。气流量为 2.5L/min。

3 现场使用情况

1998 年 11 月, 广州市光机电工程研究开发中心采用了我们生产的双面焊 f63 钻头, 在新建大楼的钢筋混凝土梁、柱上共打孔 24 个, 深度为 400mm, 孔内多根 f25 钢筋被钻断, 而钻头在经受了强烈的冲击后, 无刀头脱落现象出现, 较好地完成施工任务。

4 结 论

(1) 激光焊接空芯钻可以成功地解决传统工艺制造钻头所存在的焊接强度不高、使用寿命过短的问题。(2) 合理的刀头设计和烧结工艺直接影响钻头的激光焊接强度。(3) 合理地选择焊接工艺参数才能够保证焊接质量。(4) 高质量单面焊接钻头可以满足施工的要求, 必要时可以使钻头倾斜一定的角度进行内面焊接, 对正面焊接起到加固的作用, 对于小尺寸的钻头采用单面焊接就可以完全达到要求。

参 考 文 献

- 1 Weber G. Industrial Diamond Review, 1991; (3): 126~ 128
- 2 关振中. 激光加工手册. 北京: 中国计量出版社, 1998
- 3 李力钧, 金湘中. 金刚石与磨料磨具工程, 1998; (5): 5~ 7

作者简介: 庞振华, 男, 1974 年 4 月出生。研究生, 助工。现从事高功率激光加工技术应用及研究开发工作。

收稿日期: 2000-07-31 收到修改稿日期: 2000-09-27

欢迎访问本刊主页

本刊主页(<http://jgjs.chinajournal.net.cn>)目前已正式开通。读者可上网浏览、了解本刊历史与特色、主要编委及其个人简介、获奖情况和其它基本信息。“本刊动态”将不时发布与编辑部有关的短讯、声明、会议信息等内容; 在“稿约信息”中, 有征稿简则和最新一期的目次; “征订公告”为读者和企业实现了网上期刊订阅及广告联系。另外, 读者还可通过“读者信箱”留言, 便于编、读直接沟通与交流。

查阅过刊全文请访问:

<http://www.wanfangdata.com.cn>

<http://www.chinajournal.net.cn>

(本刊通讯员)