

文章编号: 0258-7025(2002)07-0657-04

# 激光焊接金刚石薄壁钻工艺与性能

姚建华, 陈智君, 孙东跃, 熊 纓

(浙江工业大学激光加工技术工程研究中心, 浙江杭州 310014)

**提要** 采用激光焊接实现金刚石薄壁钻胎体与筒体的连接, 与普通钎焊相比结合强度提高 2~3 倍, 同时分析了激光焊接工艺影响因素和焊缝组织性能, 经过实际使用表明, 激光焊接金刚石薄壁钻克服了胎体脱落问题, 工况适应性增加, 使用寿命提高 25%~108%。

**关键词** 激光焊接, 金刚石薄壁钻, 工艺, 性能

中图分类号 TG 456.7 文献标识码 A

## Technique and Performance of Laser Welding Diamond Core Drill Bit

YAO Jian-hua, CHEN Zhi-jun, SUN Dong-yue, XIONG Yin

(Research Center of Laser Processing Technology and Engineering of  
Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014)

**Abstract** This paper reported a technique of adopting laser welding to joint the diamond core drill segments and canister which improved the coalescent intensity compared with common brass solder. The laser welding technique and the structure performance of welding line were investigated. It showed that the laser welding diamond core drill bit can conquer the defect of segments desquamate, can adapt more work conditions, and can increase the using time by 25%~108%.

**Key words** laser welding, diamond core drill bit, technique, performance

### 1 引 言

金刚石薄壁钻广泛用于加强混凝土、混凝土、水泥、沥青马路、玻璃、石材、硬质砖石等非金属硬脆材料的钻孔及取样。用于建筑施工、房屋改造及管道敷设和市政建设等施工中的墙壁钻孔之用, 也可供建筑质量监督单位取样之用, 是工程建设不可缺少的消耗工具之一。

金刚石薄壁钻由筒体和胎体组成, 筒体为 45# 结构钢, 胎体为硬质合金粉末和人造金刚石热压而成, 主要靠胎体中的略微凸出的金刚石粒子完成切削<sup>[1]</sup>。传统的制造方法是胎体整体与筒体热压高频 (Cu 基, Ag 基) 硬钎焊而成, 但胎体经常由于与高速钻进发热引起钎焊料熔化而脱落, 使用寿命较低。国外在 90 年代末就采用激光焊接代替钎焊, 采用

在提高焊接强度、耐高温方面有着明显功效<sup>[2,3]</sup>, 但由于生产成本较高, 目前国内还是以前者为重。

本文在胎体中设计一层没有金刚石的过渡层 (非工作层), 采用激光焊接, 实现 45# 钢与普通胎体之间牢固连接, 代替目前的钎焊, 有利于提高焊接性能, 解决胎体脱落问题, 同时能降低成本, 改善使用适应性, 提高使用寿命。

由于工况条件较为恶劣, 一般要同时切断钢筋和混凝土, 胎体内外侧同时受剪切力和强冲击力, 所以使用中容易掉胎体、胎体易磨损, 钻深不够。其中影响整体性能的主要因素是: 胎体粉末基体的致密度、金刚石粒子与粉体的结合以及胎体与筒体的结合强度。图 1 所示为薄壁钻工作原理简图。

Co 基胎体为主, 筒体采用低碳合金钢, 无过渡层, 它

收稿日期 2001-12-20; 收到修改稿日期 2002-04-08

作者简介 姚建华 (1965—), 男, 浙江余杭人, 副教授, 主要从事激光加工工艺技术研究。E-mail: yaohj@mail.hz.zj.cn

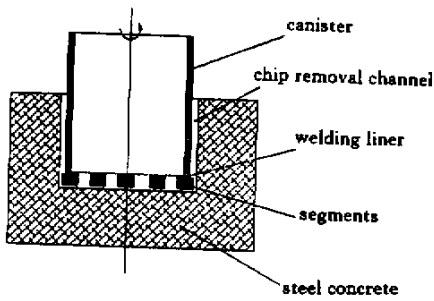


图1 薄壁钻工作原理简图

Fig.1 Functional diagram of core drill

## 2 激光焊接工艺

### 2.1 激光焊接过程

采用低阶模  $\text{CO}_2$  激光深熔焊,在胎体中设计适合激光焊接的不含金刚石的过渡层,激光输出功率:1.0~2.0 kW,速度:0.5~1.5 m/min。由于胎体内外两侧均受冲击剪切力,故采用双面焊接,外侧受冲击力较大,故为主焊缝,内侧为次焊缝。

### 2.2 影响焊接质量的主要因素

#### 2.2.1 过渡层合金设计

总结国内外制作工艺和工况条件,筒体采用45#中碳钢,但要实现与胎体的激光焊接,主要问题是胎体与筒体的熔点和含碳量的差异较大,因此在胎体中设计一层没有金刚石的过渡层(非工作层),实现含碳量及熔点的过渡。选择过渡层元素配比,在快速熔化和凝固的条件下,使筒体和胎体之间通过过渡层牢固结合,过渡层与焊缝在高温下反应时应避免脆相、气孔和裂纹的出现,同时要有较好的抗磨性<sup>[4]</sup>。

#### 2.2.2 激光输出功率与模式及熔深

不同的激光输出功率、模式直接影响熔深,熔深随光束功率提高而增加,过高的功率易引起焊缝过热产生气孔夹杂等缺陷,因此内外侧宜采用不同的功率,主焊缝功率略高些。内外侧熔深有一定差别,主焊缝较深,应能与次焊缝对接。实践表明,采用TEM<sub>01</sub>模,功率1000~2000 W,应针对不同的筒体壁厚进行调节。

#### 2.2.3 焊接位置角度

焦点位置的选择决定了最大熔深。另外,对于异种材料焊接的特殊情况,还需考虑适当选择焦点位置,使两种材料按一定比例熔化进入焊区。试验证明,焦点应负离焦0.1~0.2 mm为好,由于筒体和胎体焊前有一定的配合间隙,而且两者有厚度差,所

以,激光入射角约 $10^\circ \sim 11^\circ$ 较合适。若焦点位置选择不当,会引起脱焊裂纹等。

#### 2.2.4 焊接速度

深熔焊时,焊接熔深几乎与焊接速度成反比,速度过高会导致焊不透,而过低会使材料焊穿,焊接接头热影响区增大,而冷却速度过大可能导致焊缝中大量裂纹的出现。

#### 2.2.5 保护气体

深熔焊时,保护气体主要有两个作用:一是保护工件表面免受氧化;二是为了把高功率激光深熔焊过程中产生的、对激光束有吸收和散射作用的等离子云吹除。研究表明,在不同保护气体的情况下,以不同的焊接速度、功率以及保护气体( $\text{Ar}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{He}_2$ 等)对等离子体有很大影响。在Ar气中加入 $\text{N}_2$ 或 $\text{He}_2$ 可以降低等离子体对激光能量的吸收<sup>[5]</sup>。

焊接工艺对焊缝质量起着关键作用,通过对过渡层科学设计、激光输出功率、模式、熔深、焦点位置、焊接速度等参量的优化设计,才能得到高质量的焊缝。激光焊接的薄壁钻使用寿命普遍提高,在其他条件相同的情况下(胎体制作、金刚石品质等)主要与焊接工艺相关。温度对保证金刚石烧结后的质量有重要意义,张建安指出人造金刚石开始石墨化的温度为 $800 \sim 900^\circ\text{C}$ ;其石墨化的量随时间增加而增加<sup>[6]</sup>。在高频铜基硬钎焊时,焊接加热温度为 $885 \sim 905^\circ\text{C}$ ,在高频银基硬钎焊时,焊接加热温度为 $800 \sim 850^\circ\text{C}$ ,高频加热区较大,基本上已经把整个胎体进行加热,所以,必然影响胎体中已有的金刚石性能,激光焊接时焊接区温度虽高,但热影响区非常小,故对胎体中的金刚石性能无影响。

## 3 焊接接头观察与硬度测量

### 3.1 焊接接头形貌

激光焊接可以使胎体与筒体实现牢固连接,同时需要在连接处的胎体中设置无金刚石的专用过渡层,过渡层采用超细预合金粉,硬度HRC45-48,抗断裂扭力矩不小于 $20 \text{ N}\cdot\text{M}$ 。采用4轴联动多功能7 kW  $\text{CO}_2$ 激光加工系统,焊接工艺参数为3 kW,18 mm/s,被焊样品直径 $\phi 102 \text{ mm}$ ,壁厚3 mm,与传统的焊接工艺相比,激光焊接焊缝窄,强度高,热影响区小,焊接区域的全貌图见图2。

从图2可以看出,焊接区由外侧主焊缝、内侧次焊缝组成,焊缝热影响区较小,对焊缝进一步放大观察分析,从胎体到筒体按照组织区分依次为(图2从

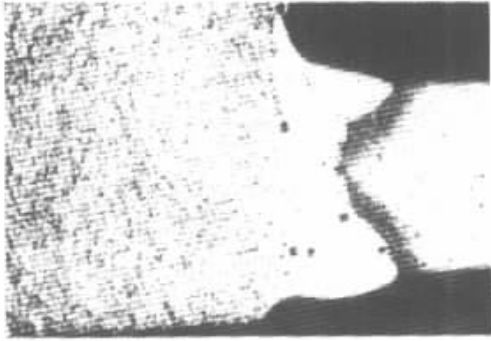


图2 焊缝整体形貌(15×)

Fig.2 Whole appearance of welding line(15×)

左往右):胎体、焊缝区、热影响区、筒体。焊缝区组织为细化枝晶状熔化组织,以过渡层材料为主,平均硬度 Hv500;热影响区组织:细小马氏体+珠光体,硬度较高,平均硬度 Hv600,照片中呈现黑色带,破坏性试验易断在此区域;筒体组织为铁素体+珠光体,显微硬度 Hv200。整个焊缝无粗大组织出现。

### 3.2 焊接接头硬度分布

用显微硬度计(200 g,15 s),测量主焊缝显微硬度,得到焊接接头的硬度分布曲线如图3所示。可以看到在焊缝区中央硬度过渡平缓,然后向两侧平稳过渡,热影响区硬度较高,但在热影响区中无明显

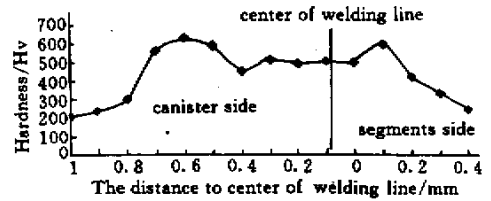


图3 激光焊接焊缝显微硬度分布曲线

Fig.3 Micro hardness distributing curve of laser welding line

硬度值突峰现象,硬度最高点在筒体一侧热影响区。可见激光焊接热影响区较窄,胎体过渡层与筒体材料有较好的融合性,在激光焊接区无硬脆相出现,故这样的焊缝结合性能较好。

## 4 焊缝性能及对使用性能的影响

对焊接后的实物与目前国内同类规格样品进行了破坏性测量试验以及实际使用检测。用 ADS 40F 型扭力测试计测量焊缝扭力距,测试条件如下:薄壁钻外径 77 mm,混凝土标号 200 #,钢筋直径 10 mm,钢筋数平均每米 11 根,空转转速 800 r/min,金刚石浓度和品级相同。结果见表 1。

表1 不同焊接方法的金刚石薄壁钻焊缝扭力距与累计钻进深度

Table 1 Welding line torque and accumulative chiseling in deepness of diamond core drill bit with different welding means

Examine item	Hf braze welding of copper base	Hf braze welding of argent base	Laser welding	
			Inside	Outside
Torque/N·m	9	12	25	30
Accumulative deepness of chiseling in/m	≤12	≤20	≥25	

对同样规格(7.6 cm)的不同焊接方法的金刚石薄壁钻进行破坏性试验显示,激光焊接焊缝强度大大高于钎焊,比高频铜基硬钎焊焊接强度提高 2.8~3.3 倍,比高频银基硬钎焊提高 2~2.5 倍。钎焊样品断裂在焊缝中央,激光焊接样品则断裂在筒体热影响区,焊缝强度已经大于母体,由于内侧熔深较浅,故强度较外侧小,若提高热影响区的强度还有可能进一步提高整体焊接强度,同时,激光焊接试件累计钻进深度提高 25%~108%。

实际使用测试结果表明,国内普遍采用的高频铜(银)基硬钎焊,使用过程中,由于结合强度较低,胎体容易掉,尤其是在冷却条件受影响或遇振动冲

击时,如冷却水不稳定、断水、遇到小直径钢筋等情况下,难免要出现胎体脱落情况,而激光焊接则无此现象,可以一直稳定的钻到整个胎体部分磨完为止,即便遇断水或强烈震动也能稳定工作,工况适应性大大提高。图4为激光焊接薄壁钻磨损前成品,图5为磨损后样品,对比表明,磨损后的胎体工作层已经全部磨损,仍然与基体牢固结合,无掉胎体现象。

## 5 结论

1) 在胎体中设计一激光焊接过渡层,采用双面激光焊接获得薄壁钻胎体焊缝强度比高频硬钎焊提高 2~3 倍;



图 4 成品激光焊接金刚石薄壁钻

Fig.4 Finished product of diamond core drill bit



图 5 磨损后样品

Fig.5 Attired sample

设计、激光输出功率、模式、熔深、焦点位置、焊接速度等,只有通过对以上工艺参量的优化设计,才能得到高质量的焊缝,避免裂纹、夹杂、气孔等缺陷;

3) 激光焊接相比钎焊更有利于保证胎体中金刚石性能,激光双面焊接的金刚石薄壁使用时,适应性强,克服了原来钎焊胎体易脱落问题,不易出现钻筒卡死现象,累计切削深度提高 25% ~ 108%,为实现干切创造了必要条件。

### 参 考 文 献

- 1 Yang Zheyang. Some options about manufacture of diamond core drill bit [ J ]. *Prospect Engineering* ( 探矿工程 ), 2000 , 4 : 37 ~ 43 ( in Chinese )
- 2 Cai Jiapin. Design on crown of thin kerf diamond [ J ]. *Prospect Engineering* ( 探矿工程 ), 2000 , 2 : 46 ~ 48 ( in Chinese )
- 3 J. Wilks , E. Wilks. Properties and Application of Dia. Butterworth-Heinemann Ltd. [ C ]. Oxford , 1991 . 224
- 4 Yao Jianhua , Chen Li. Study of laser welding technology on diamond circulars saw blade [ J ]. *Chinese J. Lasers* ( 中国激光 ), 2000 , A27 ( 8 ) : 761 ~ 764 ( in Chinese )
- 5 Seiichiro Kimura , Yoshinobu Makino. A study on high power CO<sub>2</sub> laser welding , observation and measurement of welding phenomena [ C ]. Proc. of the 6<sup>th</sup> Int. Symp , JWS , 1996
- 6 Zhang Jianan. Relation of thermal stability of synthetic diamond to inclusions [ J ]. *Mining and Metallurgical Engineering* ( 矿冶工程 ), 1996 , 16 ( 1 ) : 60 ~ 62 ( in Chinese )

## 2 影响激光焊接焊缝质量因素有 : 专用过渡层