

金刚石锯片激光焊接接头的 成分、组织和性能^①

夏锦华 殷 声

(北京科技大学, 北京 100083)

叶宏煜 胡恩良

(深圳森达超硬材料有限公司, 深圳 518000)

摘 要 利用X射线衍射分析和扫描电镜,研究了金刚石锯片激光焊接接头的成分和组织,并测试了接头的力学性能。试验表明,刀头材料对焊接质量有重要影响,焊缝的成分和组织是不均匀的,光束偏移量对焊缝成分和组织有很大影响。

关键词 激光焊接 金刚石锯片 成分 组织

中图法分类号 TG174.44

金刚石刀头与钢基的结合一般采用烧结法和钎焊法。烧结法只能生产小直径的锯片。钎焊锯片的抗弯曲强度和高温强度差,承受机械载荷的能力低。金刚石锯片的激光焊接是国外80年代末出现的新技术,其焊接接头的强度,尤其是高温强度大大优于传统锯片接头的强度^[1-3]。本文研究了金刚石锯片激光焊接接头的成分、组织和性能。

1 实验方法

将刀头胎体的粉末和过渡层的粉末装入石墨模具中热压,热压温度为900℃,压力20 MPa,时间10 min。刀头胎体成分为:45% 6-6-3 青铜,30% 钴,10% 碳化钨,15% 镍。在刀头底部待焊处设立厚约1 mm的过渡层,含有Fe和Ni。锯片钢基材料为40Cr。采用对焊方式,激光焊接系统如图1所示。利用扫描电镜、能谱分析、X射线衍射分析和显微硬度对焊接接头进行分析,同时还测试了纯胎体材料与焊接

接头的抗弯强度。

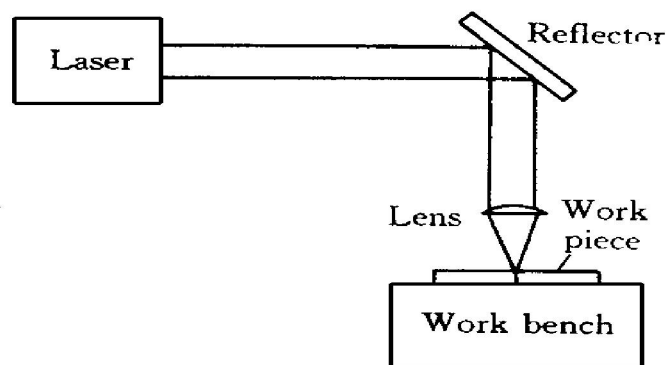


图1 激光焊接系统示意图

Fig. 1 Scheme of laser welding system

2 结果与讨论

2.1 刀头材料对焊接质量的影响

为了研究胎体材料与钢基材料的焊接性,实验中用激光束直接焊接胎体材料与40Cr钢基。SEM观察表明,焊缝熔合线处存在裂纹,焊缝强度低,见图2。出现裂纹的原因是钢基与胎体材料的性质相差较大,即“冶金相溶性”

① 收稿日期:1998-08-18;修回日期:1998-11-30 夏锦华,男,30岁,硕士

差。另外，钢基与胎体材料间相差悬殊的热膨胀系数产生的热应力，也可能导致焊缝熔合线处出现裂纹^[4]。

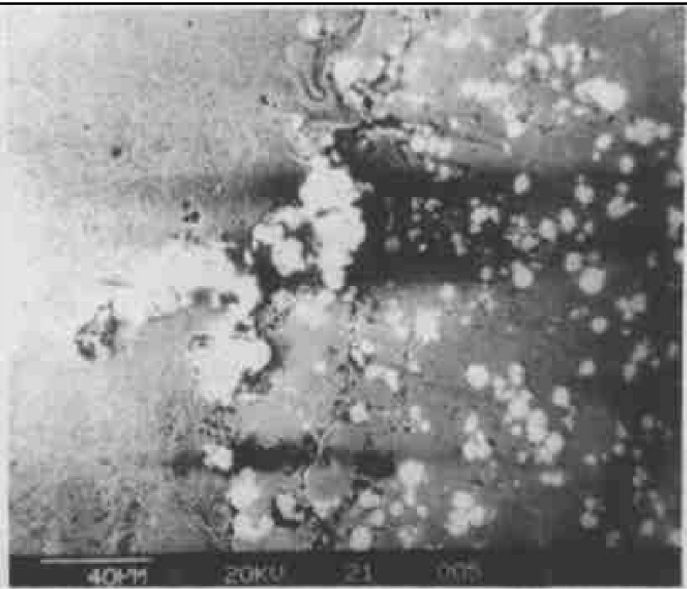


图 2 焊缝熔合线处的裂纹

Fig. 2 Cracks in welded seam

为了改善胎体与钢基的焊接性，在刀头底部待焊处设置了约 1 mm 厚的过渡层。Cu、Ni 与 Fe 无论在液态还是固态下都能无限互溶，Ni 的加入还起到了一定程度的强化作用。实验证明，设有过渡层的刀头与 40Cr 钢基具有良好的焊接性，焊缝强度高。

2.2 焊缝的成分、相和组织

图 3 是在偏移量为 0.15 mm 时，焊缝截面

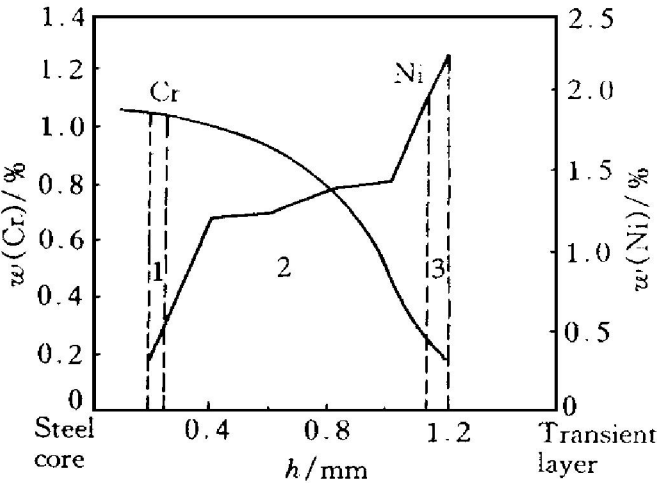


图 3 焊缝中 Ni 和 Cr 的成分分布

Fig. 3 Ni, Cr composition distributions in welded seam

1, 3—Heat-affected area; 2—Welded seam area

上 Ni、Cr 成分分布曲线。可以看出，焊缝成分分布不均匀。从过渡层到钢基，Ni 含量减少，而 Cr 含量增大。

激光焊接与其它焊接方式不同，在熔池内无电磁力搅拌效应，熔池内液态金属不能完全混合；另外，由于焊速快、熔池存在时间短，金属原子扩散不充分，也会导致焊缝成分分布不均匀^[5]。

在最佳工艺条件下，焊缝的化学成分分析结果见表 1。

表 1 焊缝成分分析结果(平均值)

Table 1 Chemical analytic result of composition in welded seam(average) (%)

Ni	Cr	C	Fe
3.44	0.67	0.12	Balance

图 4 是刀头过渡层与 40Cr 钢基焊缝的 X 射线衍射谱线。可见焊缝由 α -Fe 相和 γ -(Fe, Ni) 固溶体两相组成，其中 α -Fe 相占了很大比例。焊缝中不存在金属间化合物和金属碳化物，这对提高焊缝质量很有好处。

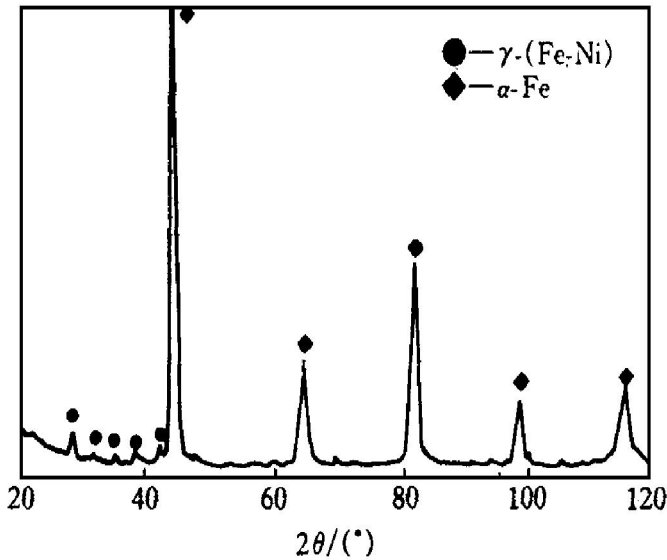


图 4 焊缝 X 射线衍射谱

Fig. 4 XRD spectrum of welded seam

焊缝的组织由焊缝成分和冷速决定。激光焊接时焊缝成分的不均匀性决定了焊缝组织的不均匀。极快的冷速会使组织细化，有助于提高焊缝性能。图 5 是获得的典型焊缝组织，为

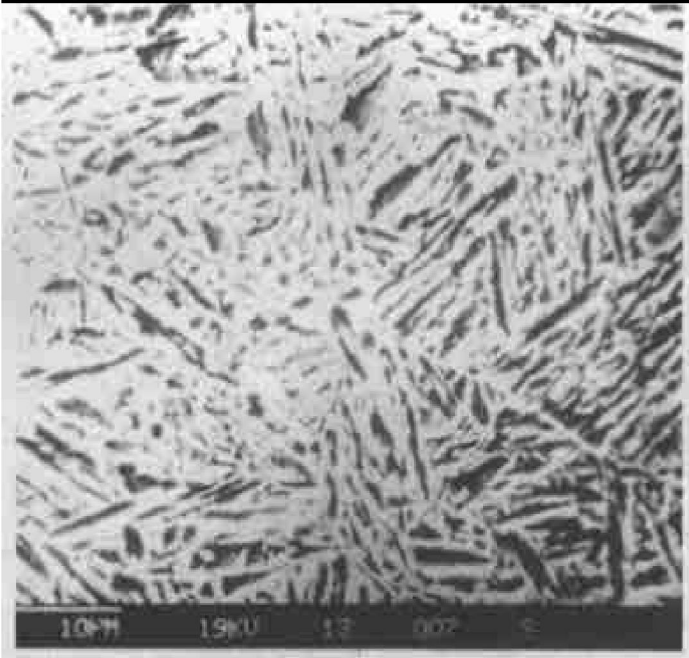


图 5 典型焊缝组织

Fig. 5 Typical microstructure in welded seam

板条马氏体。

2.3 光束偏移量对焊缝成分、组织的影响

光束偏移量(Δl)是指焊接时光斑中心并非正好落在对接焊缝处,而是偏向钢基一定的距离(设偏向钢基时Δl为正),它对焊缝成分、组织有很大影响。表 2 列出了不同偏移量下焊缝的 Ni, Cr 含量。表明随着偏移量的增加, Cr 含量增大, Ni 含量减少。

表 2 不同偏移量下的焊缝成分

Table 2 Composition in welded seam at different beam alignment

Beam alignment/mm	- 0.10	0.00	0.05	0.10	0.15
w (Ni) / %	8.83	7.67	4.98	2.61	0.93
w (Cr) / %	0.16	0.18	0.56	0.67	0.83

关于这点可以用“熔合比”的概念来解释^[6]。熔合比 γ 是指母材中合金元素在焊缝成分中所占的比例。焊缝中某合金元素的含量 x_M 可用下式求得(忽略焊接烧损): x_M = (1 - γ) x_{刀头} + γ x_钢。焊缝中合金元素的计算值见表 3, 结果与实验值较为接近。

研究偏移量对焊缝成分的影响, 意义在于可以通过调节偏移量来实现对焊缝成分及组织

的控制。焊缝中的碳含量对焊缝的组织、性能影响较大。碳含量过高时, 焊后焊缝会出现性能较差的高碳马氏体, 使焊缝脆化^[7]; 碳含量过低时, 焊缝强度将受到影响。当碳含量小于 0.25% 时较为合适。参照表 3, 考虑到偏移量对焊缝气孔的影响, 取偏移量 Δl = 0.1 mm。

表 3 不同偏移量下焊缝成分的计算值

Table 3 Calculated composition in welded seam at different beam alignment

Beam alignment Δl/mm	- 0.10	0.00	0.05	0.10	0.15
w (Ni) / %	7.93	5.56	4.43	3.04	1.78
w (Cr) / %	0.17~ 0.24	0.36~ 0.50	0.46~ 0.63	0.57~ 0.78	0.68~ 0.94
w (C) / %	0.07~ 0.09	0.17~ 0.20	0.21~ 0.26	0.26~ 0.31	0.31~ 0.38

偏移量对焊缝组织的影响是通过焊缝成分实现的。Schaeffler 状态图及 Fe-Ni-C 三元合金状态^[8, 9]给出了焊缝成分与组织的关系。图 6 是不同偏移量下获得的焊缝组织, 随着偏移量的增加, 马氏体量减少, 铁素体增加, 且形态也有所变化。

2.4 焊接接头的显微硬度及抗弯强度

在激光功率 2.0 kW, 焊接速度 20 mm/s, 光束模式 TEM₀₁, 光束偏移量+ 1.0 mm 的焊接工艺条件下对所获焊接接头采用维氏硬度计, 加 20 N 载荷, 在焊缝附近区域沿 X 方向(与光束移动方向垂直)测出一系列点的显微硬度, 见图 7, 表明焊接接头显微硬度的变化与其组织有关。沿 X 方向的硬度, 过渡层(1 区)和钢基(5 区)的硬度较低; 焊缝区(3 区)为马氏体和少量铁素体, 显微硬度较高; 40Cr 钢基侧的热影响区(4 区)组织为马氏体, 由于其碳含量较高, 表现出最高的硬度; 锯齿侧的热影响区(2 区)主要是铁素体组织, 所以硬度较低。

抗弯强度试样的尺寸为 20.0 mm × 8.0 mm × 2.0 mm。测试结果表明, 胎体材料和焊接接头的抗弯强度分别为 704.0 MPa 和 821.0 MPa。其焊接强度较高, 高于刀头母材的强度。

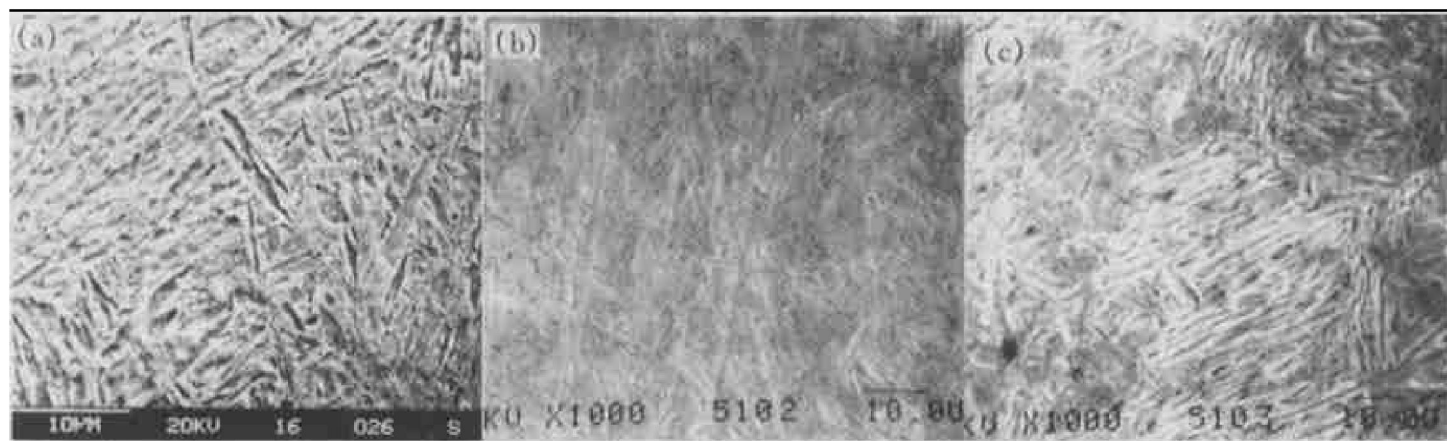


图6 不同偏移量下的焊缝组织

Fig. 6 Microstructures in welded seam at different beam alignments

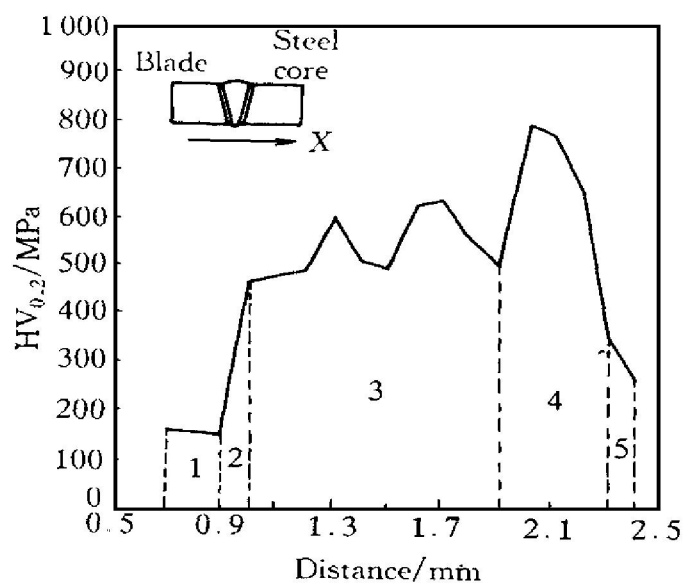
(a) $-\Delta l = 0$ mm; (b) $-\Delta l = 0.16$ mm; (c) $-\Delta l = -0.15$ mm

图7 焊接接头的显微硬度

Fig. 8 Microhardness of welded joints

1—Transient layer; 2, 4—Heat-affected zone;

3—Welded seam; 5—Steel core

3 结论

(1) 刀头材料对金刚石锯片激光焊接的质量有很大影响。在刀头待焊处设置过渡层可以改善胎体材料与钢基的焊接性。

(2) 焊缝典型组织为细小板条马氏体与铁素体的混合组织, 焊缝主要由 α -Fe 和 γ -(Fe, Ni) 固溶体两相组成。

(3) 光束偏移量是锯片激光焊接的一个重要参数, 对焊缝的成分及分布、组织和性能有很大的影响。

REFERENCES

- 1 Weber G. Industrial Diamond Review, 1991, 23(3): 126.
- 2 Walter M. Industrial Diamond Review, 1988, 5: 206.
- 3 Schneider W. Industrial Diamond Review, 1985, 5: 242.
- 4 ИИТ ЛЕТО К(依斯特林格 K). Introduction to Welding Theory of Physical Metallurgy(焊接物理冶金导论). Beijing: Mechanical Industry Press, 1989.
- 5 Guitterez *et al.* Welding Journal, 1996, 75(4): 115-121.
- 6 He Kangsheng(何康生), Cao Xiongf(曹雄夫). Weldability of Dissimilar Metal(异种金属的焊接性). Beijing: Mechanical Industry Press, 1986: 213.
- 7 Ng, ES^Watson, IA. Journal of Laser Applications, 1997, 9(1): 15-21.
- 8 Katayama S and Matsunwa. In: Proceedings of ICALEO'85. San Francisco, California, 1985.
- 9 Kujanpaa V P, Helin J P and Moisio T J I. In: Proceedings of ICALEO'88. Santa Clara, CA, USA, 1988: 25.

COMPOSITION, MICROSTRUCTURE AND PROPERTIES OF WELDED JOINT OF DIAMOND SAW BLADE BY LASER WELDING

Xia Jinhua and Yin Sheng

University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, P. R. China

Ye Hongyu and Hu Enliang

Shenzhen Shenda Superhard Materials Co. Ltd., Shenzhen 518000, P. R. China

ABSTRACT The composition and microstructure of the diamond saw blade joint welded by laser welding were studied using X-ray diffraction and SEM, and the mechanical properties of welded joint were measured. The results showed that the welding properties are affected by the composition of segments, the composition and microstructure in welding seam are strongly affected by the beam alignments.

Key words diamond saw blade laser welding composition microstructure

(编辑 袁赛前)