

文章编号: 1000-5013(2007)01-0005-03

熔射沉积金属与金刚石结合界面的实验

骆灿彬, 方建成, 徐西鹏

(华侨大学 机电及自动化学院, 福建 泉州 362021)

摘要: 通过实验研究, 提出空气状态下采用等离子熔射金属焊接金刚石的新方法. 将等离子体熔化的钛金属熔滴, 喷射至经王水浸蚀的、采用热压烧结方法制备的金刚石节块表面, 然后制备自然断口以观其微观状态. 通过 SEM 照片, 研究断口中金刚石经过热压烧结与熔射沉积后的金属与金刚石界面微观状态; 分析比较被熔射金属包镶的金刚石与被热压烧结的金属粉末包镶的金刚石, 以及与其包镶体之间的结合强度的差异. 最后, 对金属与金刚石之间的界面形成机制进行初步的探讨.

关键词 等离子熔射; 金刚石; 焊接; 结合强度

中图分类号: TG 456. 1; TG 406

文献标识码: A

金刚石具有很高的界面能, 与一般金属或合金难于浸润或不能浸润, 它的线膨胀系数低于大多数的金属. 焊接温度受到金刚石石墨化转变温度的限制, 因此, 金刚石的可焊接性极差, 很难实现金刚石与其他材料之间的无损牢固结合. 国内外学者针对这一技术难题开展了广泛的研究, 他们采用钎焊剂主要是 Ni-Cr-B-Si 系或 Ag-Cu-Ti 系合金粉末等, 以期实现高温下金刚石与部分强碳化物形成元素的冶金结合. 由于所采用的钎料的溶解温度都高于金刚石在空气中的石墨化温度, 因此工艺上主要采用真空高温钎焊^[3]、空气状态高温钎焊、高温盐浴焊接^[4]、惰性气体保护钎焊^[5]等手段. 从所采用工艺看来, 获得高焊接强度的最好工艺是真空钎焊, 但是, 该焊接工艺的效率低下且成本高昂, 使得金刚石钎焊工具的推广变得非常困难.

1 熔射沉积金属焊接金刚石

1.1 实验方案

在空气状态与电弧或等离子熔射成形的条件下, 任何金属的丝材或粉材经过电弧或等离子弧区将被熔化. 在高压空气的作用下, 将熔融金属雾化喷射沉积于金刚石表面, 并达到一定的沉积厚度, 从而完成对金刚石的焊接. 这是本文构建熔射沉积金属焊接金刚石实验的基本思路. 然而, 由于有高压空气的作用, 想构建把金属粉直接熔射至没有牢固固位的金刚石表面的实验是相当困难的. 其次, 熔融金属所具有的大量热量如果没有有效地传出, 也容易导致金刚石的热损伤. 鉴于以上分析, 设想先采用热压法制备金属粉末孕镶的金刚石节块, 然后将节块进行酸蚀, 使节块表层的金刚石露出 50% 左右. 实验将对酸蚀后的节块进行等离子熔射沉积, 这样金刚石既可以被牢固地固位, 节块中的金属胎体又可以将沉积于节块表面熔射金属的大量热量传出. 照此设想, 经过熔射沉积后的节块表层金刚石的一侧将被热压烧结的金属胎体所包镶, 另一侧被熔射金属所包镶. 然后, 将经过熔射沉积的节块打断, 对表层金刚石与金刚石脱落坑进行 SEM 观察, 并根据断口的显微形貌对表层金刚石与两侧金属的两种不同结合关系的界面状况进行显微分析.

1.2 实验过程与设备

采用热压法预先制备 Fe-Co-Cu-Sr-Ti 系金属粉末孕镶金刚石节块, 后将节块置于王水中侵蚀. 当

收稿日期: 2006-04-09

作者简介: 骆灿彬(1974), 男, 实验师, 主要从事金刚石工具的应用的研究. E-mail: lcrobins@hqu.edu.cn.

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(E0540003); 华侨大学科研基金资助项目(531322)

©1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表层金刚石露出约为 50% 时, 取出试样并用酒精清洗, 后用热空气吹干备用. 实验采用 CMD-PA60 型等离子熔射设备, 将 80160 目的钛金属粉末熔射至预先制备好的试样表面, 同时采用 AR882A 便携式红外测温仪监测被喷涂的节块表面温度. 为防止节块导热太慢, 采用间歇式喷涂的方式进行沉积. 当沉积厚度达到可以覆盖表层金刚石的, 将试样取下, 制备断口, 并采用日立 S-3500N 扫描电镜观察断口中节块表层金刚石与两侧金属的结合情况. 实验原理如图 1 所示.

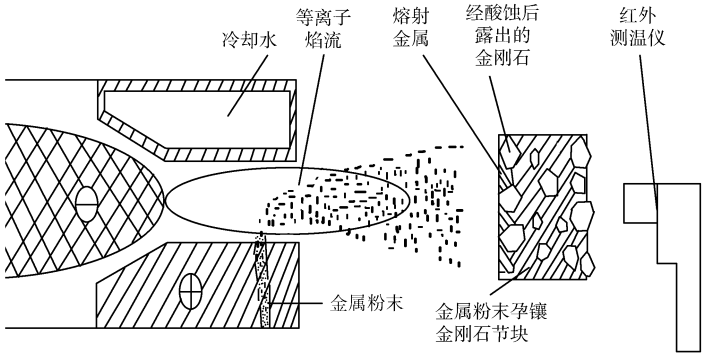


图 1 实验过程示意图

Fig. 1 Sketch of experimental process

1.3 实验结果及分析

图 2, 3 分别为断口不同处的金刚石的 SEM 照片. 从图 2 中可以看出, 金刚石的晶面上有大量的金属附着物. 这些金属附着物显然是断裂时从熔射金属基体撕裂的钛金属, 表明钛金属与金刚石之间已经有良好的焊接强度, 局部强度甚至超过了熔射沉积的金属之间的结合强度, 以至于制备断口时可以将熔射沉积的金属基体撕裂. 图 3 中的金刚石脱

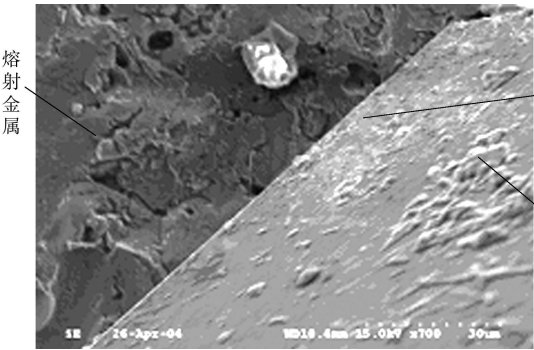


图 2 金刚石表面断口

Fig. 2 Fracture of interface between diamond and bonding metal

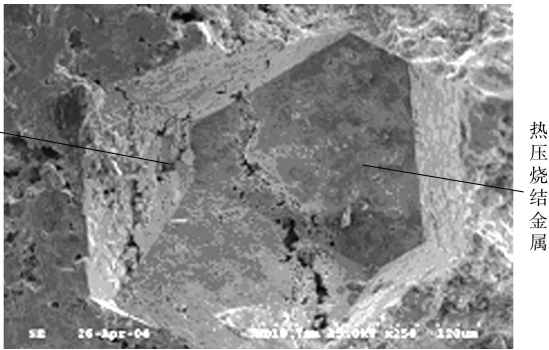


图 3 金刚石脱落坑断口

Fig. 3 Fracture of pit formed by desquamated diamond

落坑中左侧大面积的金属剥落现象, 则从另一侧面很好的印证了这种说法. 实验发现, 实验过程中红外测温仪监测到孕镶节块的温度保持在 280~ 300 ℃. 这个温度不足以使金刚石产生石墨化. 从 SEM 照片中可以看出, 金刚石的晶面保持完整, 晶面与晶面的相交棱完好无损. 宏观上可以判断, 金刚石没有出现石墨化损伤. 金刚石脱落坑中熔射金属与热压烧结的金属中间有隔离带, 脱落坑内隔离带左侧为熔射金属与金刚石之间形成的几个面, 显得较粗糙. 这是因为钛金属与金刚石之间形成了牢固的焊接关系, 制备断口时金属被金刚石带出, 而隔离带右侧为热压烧结金属与金刚石之间形成的几个面, 显得很光滑. 因此, 可以断定, 烧结金属与金刚石之间为简单的机械包镶关系. 显然, 采用熔射沉积钛金属与金刚石的结合强度要高于热压烧结金属与金刚石之间的结合强度.

2 焊接层形成机制探讨

实验结果表明, 熔射钛金属与金刚石之间形成了牢固的焊接. 下面结合等离子熔射成形工艺的特点及金刚石自身的特性, 对两者间焊接层形成机制的进行探讨. (1) 由于每一个熔滴都可以视作一个点热源, 它的总热量较低. 当该熔滴喷射至金刚石表面的瞬间, 由于金刚石的导热性极高, 热量迅速传递到基体. 在整个过程中, 虽然金刚石承受了钛金属的高温熔滴的加热, 但由于热量的迅速传出, 总热量不足以使金刚石产生热损伤. (2) 熔滴的初始温度极高, 而且熔滴以极高的速度轰击金刚石表面. 因此可在轰击局部形成高压, 在如此高的温度与压力条件下, 反应扩散的速度将有可能极为迅速, 即可能在极短的时间内完成反应扩散, 进而形成稳定的化学键结合. (3) 由于熔滴金属都是钛金属, 在高温与轰击高压的辅助作用下, 在形成 Ti- C 键的过程中, 元素 Ti 不需要长时间的扩散迁移, 直接就可以进行成键反

应. 这一点与采用钎料进行高温长时间浸润的钎焊工艺有显著的差别. (4) 熔滴在飞行过程中表层虽然会被氧化, 但是, 熔滴在高能轰击金刚石并扁平化的瞬间, 表层的氧化物将被击散; 而心部没有氧化的金属迅速与金刚石进行反应扩散, 形成稳定的化学键, 这是因为只有心部金属与金刚石进行反应. 可以推断, 在整个金刚石的表面上, 采用熔射法焊接金刚石形成的焊接层应该不是连续的膜状物.

3 结束语

(1) 实验过程中监测到孕镶节块的温度保持在 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右, 该温度不足以使金刚石产生热损伤. SEM 照片也表明, 金刚石没有出现热损伤的迹象. (2) 对焊接后的自然断口的 SEM 观察表明, 熔射沉积金属与金刚石之间形成了牢固的焊接关系, 实验结果为大气条件下金刚石的无损牢固焊接提供了一条新的工艺方法. 熔射沉积金属与金刚石之间的焊接强度高于热压烧结金属与金刚石之间的机械包镶强度. (3) 采用熔射沉积法焊接金刚石制备磨具必须解决焊接前金刚石固位, 以及焊接后固位材料的去除和熔滴沉积后大量热量的传出, 这是工具制作中将面临的另一个技术难题, 作者将在下一步工作中针对这个问题做深入的研究. (4) 关于熔射金属与金刚石之间的焊接层形成机制, 以及如何获得稳定的优质的焊接质量, 有待作进一步深入的研究.

参考文献:

- [1] 孙凤莲, 冯吉才, 刘会杰, 等. Cu-Ag-Ti 钎料中 Ti 元素在金刚石界面的特征[J]. 中国有色金属学报, 2001, 11(1): 103-106.
- [2] 武志斌, 肖冰, 徐鸿钧. 金刚石与金属基体钎焊机理研究[J]. 工具技术, 2000, 34(11): 6-8.
- [3] KLOSE H, BORERTIUS M. Vacuum brazing of diamond and cubic boron nitride[J]. Metal Powder Report, 2000, 55(12): 71.
- [4] 汤小文, 王子瑜. 金刚石与钢体的盐浴焊[J]. 材料与科学与工程, 1997, 5(3): 35-38.
- [5] CHATTOPADHYAY A K, CHOLLET L, HINTERMANN H E. Induction brazing of diamond with Ni-Cr hard facing alloy under argon atmosphere[J]. Surface and Coatings Technology, 1991, 45(1/3): 293-298.

Experimental Study of the Interface between Diamond and Metal Formed by Plasma-Spraying

LUO Can-bin, FANG Jian-cheng, XU Xi-peng

(College of Mechanical Engineering and Automation, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

Abstract: A new method for diamond brazing by plasma-spray-forming under air condition has been carried out. In experimental study, Ti powder was chosen for spraying onto eroded diamond segments made by hot pressing sintering, fracture on which was made for microscope investigation. The scanning electronic microscopy (SEM) photos of fracture of diamond segment had been made to investigate on the interfaces between diamonds and metals formed by plasma-spraying and hot pressing sintering respectively. And also, the difference of combination intensity of diamond and its binding body made by hot pressing sintering or by plasma-spray-forming was analyzed and compared in the same way. A fundamental discussion on the forming mechanism for the interface between diamond and metal formed by plasma-spraying was put up.

Keywords: plasma-spray; diamond; brazing; combination intensity

(责任编辑: 黄仲一)