

金刚石圆锯片用铁基与钴基结合剂之比较

关一凡 陈 先

(精密机械工程系)

摘要 本文通过理论分析和有关试验,证明了铁基金属结合剂的机械性能、抗磨损性和对金刚石的把持力能够满足加工花岗石用孕镶刀头的使用要求。当采用抗压强度为13—15Kg的金刚石时,用铁基结合剂制造的大直径金刚石圆锯片可获得不亚于甚至略优于钴基结合剂锯片的锯切性能,而其制造成本相对于后者则有较大的降低。

关键词 金刚石,金属结合剂,圆锯片,花岗石。

0 前言

80年代以来,我国石材加工行业有了长足的进步。由于金刚石圆锯片具有切割效率高,成材质量好等优点,无论在花岗石板材加工中,还是在石制品的制造中,都得到了越来越广泛的应用,使石材行业的面貌发生了很大的变化。据不完全统计,仅福建省泉州附近地区就有圆盘锯大切机近2000台,可见石材行业对金刚石大直径锯片的需求量是相当可观的。而工具消耗在石材加工成本中占有很大的比重。因此降低金刚石锯片的制造成本可以获得较大的经济效益。

目前在直径1600mm左右的加工花岗石用金刚石圆锯片孕镶刀头的制造中,采用的金属结合剂主要有两种,即钴基结合剂和铁基结合剂。绝大多数金刚石工具生产厂家采用钴基结合剂。笔者所在的华侨大学石材研究室,与福建晋江粉末冶金制品厂共同开展加工花岗石用金刚石圆锯片的开发和研究取得成功,1990年底通过鉴定,目前产品很受欢迎。该锯片的特点在于:(1)使用抗压强度为10—15Kg的国产中、低强度金刚石^[1];(2)采用铁基金属结合剂。本文拟对钴基和铁基这两种结合剂进行比较,说明使用铁基结合剂来制造金刚石孕镶刀头是可行的,有较好的经济效益。

1、铁、钴两元素的比较

铁的原子序数为26,钴的原子序数为27,两元素的电子层数目和最外层电子数均相同。在元素周期表中二者的位置相邻,同处于第Ⅷ周期第四类。它们的化学性质颇为接近,故在化学

● 本文1992-03-30收到。

上铁、钴和镍一起同称为铁系元素,表1给出了铁、钴元素的一些物理、机械性能。

表1 铁、钴两元素性能比较^(2,3)

元素	比重 g/cm ³	熔点 ℃	性 质					
			线胀系数 (20℃)	导热系数 (20℃)	弹性模量	抗拉强度	延伸率	硬 度
			×10 ⁻⁶ /℃	J/cm·s·℃	GPa	N/mm ²	%	HB HM
Co	8.85	1495	13.8	0.691	210	235	5	125 5
Fe	7.87	1536	11.8	0.754	200	245—323	25—55	50 4.5

就机械性能而言,铁、钴各有长短,二者的弹性模量接近,铁的抗拉强度略高于钴,其塑性(延伸率)也较钴为好,即钴比铁脆,而钴的硬度比铁高。关于二者的物理性能,铁、钴的熔点相差无几,根据粉末冶金原理,金属粉末的烧结温度为其熔点的0.7—0.8,所以铁、钴对热压烧结温度的要求在其它条件相同的情况下应无较大的区别。一般认为可能与金刚石工具性能有关的物理性质如导热系数、线胀系数等,铁也较钴为优,即铁的导热系数较大,而线胀系数较小。由此看来,若采用钴基结合剂的金刚石圆锯片可获得切割花岗岩的良好效果,那么采用合适的铁基结合剂的金刚石圆锯片应能得到类似的或更优的锯切性能。选用何种元素为金属结合剂的基(主要成分),经济性也是考虑中的一个方面。从经济性的角度来看,铁、钴元素相差悬殊,钴粉价格已近500元/Kg,且有继续上涨的趋势,而工业用铁粉的价格则不足10元/Kg。这是笔者在开发制造金刚石圆锯片时力图采用铁基结合剂的重要原因。

2 耐磨性及对金刚石的把持力

由以上分析可见,用铁基结合剂替代钴基结合剂应是可行的,经济方面的好处也显而易见,但为什么较多的金刚石圆锯片仍采用钴基结合剂呢?究其原因,可能有两个方面:一是认为铁基结合剂的耐磨性不如钴基结合剂;二是担心铁基结合剂的主要成分铁元素对金刚石表面的化学侵蚀较严重,使得金刚石表面在热压烧结过程中产生较严重的石墨化,从而影响结合剂对它的把持力和金刚石的强度,降低金刚石圆锯片的使用性能和寿命。

关于铁和钴的相对耐磨性,文献[4]做了较为系统的试验,所用的试验方法是喷砂法。得出的结论是,在一般情况下,软钢的耐磨性略强于钴,而在试验条件发生变化时,二者的耐磨性优劣相对位置可以互换。因此可以认为铁、钴的耐磨性能较接近。我们开发的大直径金刚石圆锯片(铁基金属结合剂)在生产现场使用的表现也说明了在结合剂的成分配置得当,热压参数选择合适的条件下,铁基结合剂的耐磨性与抗压强度为13—15kg的金钢石相匹配,不逊色于同类的钴基圆锯片。

关于金属结合剂中铁或钴元素会造成金刚石表面石墨化程度大小的问题,现有的说法不太统一。众所周知,铁是碳化物形成元素,即铁能与碳结合生成 Fe_3C 。铁与金刚石在烧结过程中会形成 Fe_3C ,在冷却过程中, Fe_3C 部分分解为铁及石墨形式的碳,从而造成了金刚石表面的石墨化现象。至于石墨化程度,有的资料给出下列数据:在1100℃的温度下保持30min,即使有氢气保护气氛,结合剂中的铁元素造成的金刚石石墨化程度也较严重,失重率可达1.48%。

至于钴元素,现有资料多认为其不是碳化物形成元素,也有的则认为其是弱碳化物形成元素,会跟碳反应生成不稳定的 Co_3C 。文献[5]做了有关的较为系统的工作,通过实验比较了铁/青铜(重量比80%/20%),碳化钨/钴(75%/25%)以及纯钴结合剂在不同温度(800—1000℃)和不同保温时间(10—30min)下粒度为40/50的SDA100 金刚石因烧结过程石墨化产生的失重和强度损失的情况,其结论为:在试验范围内,纯钴结合剂造成的金刚石重量和强度损失最大,碳化钨/钴结合剂次之,而铁/青铜结合剂最小。

笔者在铁基结合剂中加入低熔点的金属成分(如锡、铜等),这样在热压烧结温度为700—900℃,保温时间2—4min的工艺参数下,可使结合剂的致密度达到95%以上。为了考察在此特定的烧结条件下,铁基结合剂造成的金刚石石墨化程度,笔者采用了类似于文献[3]的试验方法,试验结果为:金刚石的失重率为0.2—0.3%。由此可以断定,在此特定情况下,铁基结合剂对金刚石表面的化学侵蚀是轻微的,对金刚石工具的使用性能影响不大。铁基结合剂金刚石圆锯片在生产现场的使用情况也从另一侧面证实了上述结论。应当指出,上面的结论是在热压烧结温度低于900℃的情况下得出的。对于铁基结合剂,烧结温度不应高于1150℃^[6]。

另一方面,笔者认为结合剂中铁元素的存在,在结合剂成分配置、工艺参数选择合适的前提下,可能会带来下列好处:(1)作为碳化物形成元素的铁,在烧结过程中会改善结合剂中的液相成分(铜锡合金)与金刚石表面的润湿情况,即会使液相成分与金刚石表面的接触角变小,由此可以提高类似于“钎焊”粘结作用的把持力;(2)由于铁较钴有更强的形成碳化物的倾向,即铁与碳元素之间存在着更强的化学亲和力,铁元素对金刚石表面适当的化学侵蚀有助于增强金属结合剂对金刚石的化学把持力。

3 铁基锯片试验

以上分析主要是理论上的推断,为确定铁基结合剂金刚石圆锯片的性能优劣,进行了以下的生产现场试验。以下为其试验条件。

金刚石圆锯片参数:直径1600mm,铁基结合剂,国产金刚石,平均抗压强度为13—15kg,粒度40/50,浓度30—40%,锯齿尺寸 $24 \times 9 \times 12 \text{mm}^3$,锯齿数108,锯齿结构为非“三明治”结构。

锯切对象:花岗石,外贸代号635(福建产),肖氏硬度100;主要矿物含量:石英25%,钾长石56%,斜长石15%。

锯切参数:切削速度35m/s,进刀深度6mm,进给速度3.5m/min,切割率为 $210 \text{cm}^2/\text{min}$,有冷却润滑液。

锯切结果:锯切时主电动机电流20A(未扣除空载电流);锯片刀头表面形貌:金刚石出露、尾拖形成情况良好,表面脱落 of 金刚石数约占表面总量的5—20%;锯切的板材平直,表面质量良好。锯片使用寿命可稳定达到 $160—180 \text{m}^2/\text{片}$ 以上。

上述结果表明:铁基大直径金刚石圆锯片的性能不低于或略高于国内水平较高的同类钴基锯片。

经济效益:以每片直径1600mm的圆锯片孕镶刀头消耗金属粉末2000g计,钴基结合剂中钴粉的用量要比铁基结合剂至少多800—1000g。换句话说,在其它条件相同的情况下,直径1600mm的钴基结合剂锯片成本要比铁基的高500元左右,约占锯片制造成本的5—10%。即使

按保守的估计,以铁基结合剂替代钴基仅在福建一省每年就可节约至少数百万元,效益十分可观.

4 结论

实验表明,在低于900℃的热压烧结温度下,铁基结合剂对金刚石表面的化学浸蚀是轻微的,石墨化引起的失重率仅0.2—0.3%,故不会对金刚石锯片的使用性能有较明显的不良影响.理论分析及大直径铁基金刚石圆锯片的实际使用情况表明:当采用抗压强度为13—15kg的金刚石时,铁基结合剂的机械性能、抗磨损性及对金刚石的把持力能够满足要求;切割花岗石用铁基结合剂锯片性能不亚于甚至略优于同类的钴基结合剂锯片,而锯片的制造成本有明显的降低.

参 考 文 献

- [1] 陈 先,锯切力与金刚石强度的合理选择,石材,3(1991).
- [2] 机械工程手册、电机工程手册编辑委员会,机械工程手册,机械工业出版社,(1978),14—3.
- [3] 横山亨(刘 胡译),合金状态图简明读本,冶金工业出版社,(1982),205—206.
- [4] Chalkley, J. R., Thomas, D. M., *The tribological aspects of metal-bonded diamond grinding wheels*, *Power metallurgy*, 12, (1969).
- [5] Bukken, G. J. (彭希林译),温度和胎体对人造金刚石强度的影响,超硬材料,2(1988).
- [6] Konstanty, J., *the materials science of stone sawing*, *Industrial diamond review*, 1(1991).

comparison between Iron—Base and Cobalt—Base Metallic Bonds for the Use of Circular Diamond Saw Blade

Guan Yifan Chen Xian

(Department of Precision Mechanical Engineering)

Abstract By theoretical analysis and field testing on its mechanical behaviour, wear resistance, and diamond retention capacity, iron—base metallic bonding agent was proved to be able to satisfy the demand of making diamond imprgnated circular saw blade for cutting granite. When the diamond with a compressive strength of 13—15kg was adopted, a large diameter diamond circular saw blade made of iron—base agent was able to acquire a cutting performance as good as or even better than that of cobalt—base one; while its cost of production was much cheaper.

Key words diamonds, metallic bond, circular saw blade, granite