

热压法制造金刚石—硬质合金复合柱齿的研究^{*}

马保松^{**}

(中国地质大学博士后流动站, 武汉 430000)

张祖培 刘宝昌

(长春科技大学勘察工程系, 长春 130026)

摘要: 采用添加 Ni—P 活化烧结 WC—Co 硬质合金的特殊工艺, 用热压法成功地烧结出了新型的金刚石—硬质合金复合柱齿。研究分析了热压烧结工艺(烧结温度、烧结压力和保温保压时间)对新型金刚石—硬质合金复合柱齿性能的影响。

关键词: 热压; 金刚石; 硬质合金; 柱齿

1 前言

硬质合金柱齿钻头不耐磨, 特别是在坚硬磨蚀性强的矿岩中钻进, 钻头周边齿磨损严重, 是当前钻头寿命短、钻进效率低的主要原因。为此国内外科研与生产制造者采用多种途径来提高硬质合金柱齿的耐磨性及钻头寿命, 其中最有效的是美国梅加金刚石公司采用高温高压技术于 1987 年研制成功的金刚石强化柱齿, 在中小钎头、石油牙轮钻头的应用中取得了较好的效果。另外国内一些单位也正致力于该项研究^[1,2]。

本文采用添加 Ni—P 活化烧结 WC—Co 硬质合金的特殊工艺, 用热压法在温度比硬质合金烧结温度低 300℃ 左右的条件下, 成功地烧结出了新型的金刚石强化柱齿, 文中重点研究分析了热压烧结工艺对新型金刚石—硬质合金复合柱齿性能的影响。

2 试验原理及方法

2.1 试验原理

WC—Co 类硬质合金的烧结温度一般为 1350~1480℃, 远远超过了金刚石的临界石墨化温度(700℃), 如果在此温度下对金刚石复合材料进行烧结, 金刚石将会受到基体中金属元素的化学侵蚀和其本身机构热应力的共同作用, 使金刚石受到严重损伤, 甚至失去工作能力。为了解决这一矛盾, 在复合柱齿的配方中加入了少量的 Ni、P 元素粉, 使 WC—Co 的烧结温度下降到了 1050~1100℃, 实现了低温活化烧结, 其活化机理主要是由于 Ni—P 合金的共晶温度为 880℃, 远比 Co 元素的熔点(1495℃)低。因此, 在 WC—Co 硬质合金中加入 Ni、P 元素粉以后, 在相对较低的温度下便可出现液相, 使得固相颗粒的溶解与析出以及骨架的形成也提前发生, 烧结过程更为充分, 有效地提高了复合柱齿的致密化速度, 改善了复合柱齿的性能, 更重要的是, 整个烧结过程在较低的温度下便可顺利完成。加入 Ni、P 元素粉前后的试样性能对比见表 1。

* 国土资源部九五重点地质科技项目(编号为 9505402—4)资助

** 马保松, 男, 长春科技大学副教授, 中国地质大学(武汉)地质工程博士后, 主要从事钻凿工程超硬材料及机具的科研与教学工作。

收修改稿日期: 1999—06—14

表 1 加入 Ni、P 元素粉前后的试样性能对比

性能	加入 Ni、P 元素粉前		加入 Ni、P 元素粉后	
	基体	超硬部分	基体	超硬部分
硬度 HRA	64.8	/	84.6	/
R_{tr}/MPa	690	300	1680	1210

2.2 试验方法

金刚石-硬质合金复合柱齿的制造工艺流程如图 1 所示, 其中热压烧结工艺比较重要, 其步骤为:首先将组装好的模具置于压力机的工作台上, 并施以一定的初压(约 20 MPa);然后升温, 加热功率在 30 kW 时, 约需 5 min 可升到烧结温度, 此时立即施以全压, 并在该压力下保温一定时间;在温度降为 700℃, 卸除压力, 将试样移至保温箱中冷却到室温。对试样的三个主要的性能指标(基体的硬度、横向断裂强度和超硬层的耐磨性)进行了测试。

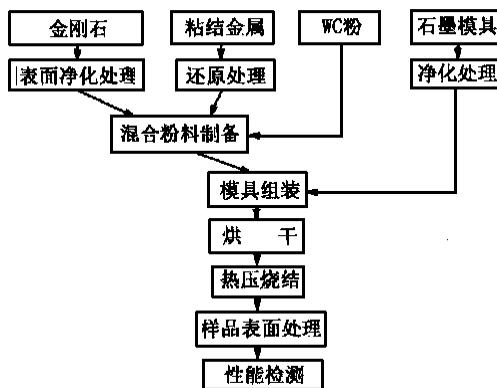


图 1 金刚石-硬质合金复合柱齿制造工艺流程图

试验所用的主要设备及技术参数为: KPS 中频感应电源(加热功率 100 kW), LY-10 型单臂压力机(30 t)和 CIT 红外测温仪。本文采用的原材料为: 金刚石/40~60 目, WC 粉/-400 目, Co 粉/-300 目, Ni 粉/-300 目, P 粉, 经研磨后加入。

3 试验结果及分析

3.1 烧结温度对复合柱齿性能的影响

从图 2 中可以看出, 在烧结温度低于 1000℃ 时, 金刚石-硬质合金复合齿的实际密度与理论密度相差较大, 其硬度、强度和磨耗比都很低, 从外观形态和颜色观察, 可以看出复合柱齿具有明显欠烧的特征;当烧结温度在 1050~1100℃ 时, 复合柱齿的硬度、强度和耐磨性都比较高; 温度再继续升高, 复合柱齿的硬度虽略有升高, 但此时横向断裂强度和磨耗比均开始下降。

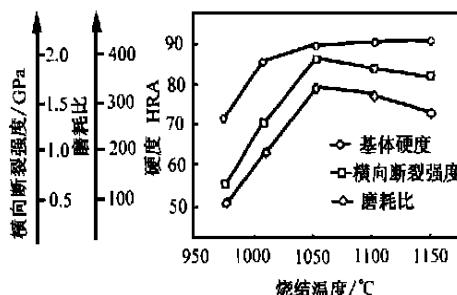


图 2 复合柱齿性能随烧结温度的变化曲线

3.2 烧结压力对复合柱齿性能的影响

烧结压力和复合柱齿硬度、强度和磨耗比的关系如图 3 所示。

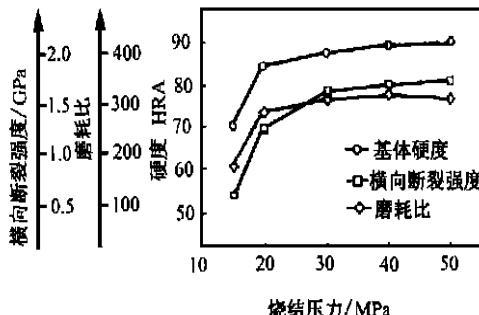


图 3 复合柱齿性能随烧结压力变化曲线

从图中可以看出, 烧结压力小于 40 MPa 时, 复合柱齿的硬度、强度随压力的升高均有明显提高, 磨耗比虽也有提高, 但提高幅度不大;当压力大于 40 MPa 时, 对复合柱齿性能的影响较小, 趋于平稳。

3.3 保温保压时间对复合柱齿性能的影响

本文在保持烧结温度 1060℃ 和烧结压力 40MPa 不变的情况下, 对保温时间分别在 1、2、3、4、5min 的复合柱齿性能进行了研究, 保温时间与复合柱齿的硬度、强度和磨耗比的关系如图 4 所示。

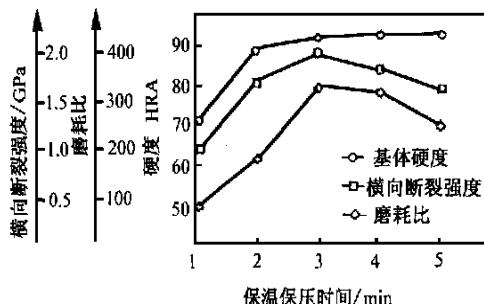


图 4 复合柱齿性能随保温保压时间变化曲线

从图示的试验结果可以看出, 在合理的烧结温度和烧结压力下, 保温时间也有一个最优值。当保温时间过短时, 复合柱齿内部没有足够的时间进行合金化反应, 处于欠烧状态, 复合柱齿的力学性能指标都偏低; 当保温时间过长时, 复合柱齿的硬度虽稍有提高, 但横向断裂强度和磨耗比却较低。

4 生产性试验

利用该新型复合柱齿加工了两只直径为

Φ150mm 的潜孔锤钻头, 在某石灰石矿采石场进行了野外生产性试验, 采用的钻孔设备为 YQ-150A 型潜孔凿岩机, 配用 QCW-150 型风动冲击器(额定冲击功为 254J, 冲击频率为 16Hz); 总进尺为 19m, 平均钻进时效为 21cm/min, 比采用传统的硬质合金钻头钻进(时效约为 15cm/min)提高 40%。但是, 由于钻进工作量较少, 没有得出有关钻头寿命的结论。

5 结论

1) 室内和野外初步试验结果证明, 采用热压法制造金刚石—硬质合金复合柱齿的方法是可行的, 复合柱齿的性能类似于常规硬质合金柱齿, 超硬部分的耐磨性远高于硬质合金, 完全可以满足实际生产需要。

2) 复合柱齿的合理烧结温度应在 1050~1060℃ 范围内选择。

3) 在不超过石墨模具的极限抗压强度的情况下, 应尽量采用较大的烧结压力(> 40MPa)。

4) 复合柱齿的合理烧结保温时间应为 3~5min。

参考文献

- 1 马保松·长春科技大学博士学位论文, 1998, 6
- 2 方啸虎·合成金刚石的研究与应用·北京: 地质出版社, 1996, 8

RESEARCH ON HOT-PRESSING METHOD FOR FABRICATION OF DIAMOND AND TUNGSTEN CARBIDE COMPOSITE BUTTON

Ma Baosong¹⁾ Zhang Zupei²⁾ Liu Baochang²⁾

1)(China University of Geoscience, Wuhan 430000)

2)(Dept. of Exploration Engineering, Changchun University of Science and Technology, Changchun 130026)

Abstract: This paper presents a new type diamond-tungsten carbide composite button made by hot-pressing method in which the sintering temperature is decreased greatly because of the addition of powdered nickel and phosphorus. The influences of sintering parameters on the properties of composite button are also analyzed in this paper.

Key words: hot-pressing; diamond; tungsten carbide; button