

短碳纤维增强金刚石钻头铁基胎体性能的研究

沈立娜, 阮海龙, 欧阳志勇, 吴海霞, 李 春

(北京探矿工程研究所, 北京 100083)

摘要: 设计了粉末冶金法制备短碳纤维增强金刚石钻头铁基胎体材料, 通过分析不同碳纤维添加量对胎体烧结性能的影响, 得出在本实验制备条件下, 短碳纤维对铁基胎体材料性能的影响规律, 并对该结果进行了讨论分析, 在此基础上, 提出了制造更加优良短碳纤维增强铁基胎体材料的可能性。

关键词: 金刚石钻头; 碳纤维; 铁基胎体; 烧结性能

中图分类号: P634.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2014)03-0077-03

Study on Iron-based Matrix Performance of Short Carbon Fiber Reinforced Diamond Bit/SHEN Li-na, RUAN Hai-long, OUYANG Zhi-yong, WU Hai-xia, LI Chun (Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China)

Abstract: Iron-based matrix composites was prepared by powder metallurgy for short carbon fiber reinforced diamond bit, based on the analysis on the influence on the sintering properties of composites with different carbon fiber addition quantity, the influence laws of short carbon fiber on the properties of iron-based matrix materials under this experimental preparing conditions were obtained. On the basis of the discussion on these laws, the possibility of more excellent short carbon fiber reinforced iron-based matrix composites developing is put forward.

Key words: diamond bit; carbon fiber; iron-based matrix; sintering performance

0 引言

碳纤维增强复合材料是目前最先进的复合材料之一。碳纤维增强铜基复合材料以其优良的导电、导热、减摩擦、抗磨损性能而受到重视。碳纤维增强铝基复合材料以其高的比强度、比刚度、轴向拉伸强度和耐磨性, 优异的耐高温性能和低的热膨胀系数, 良好的导电、导热、抗疲劳性等优点在汽车、航空领域有着广阔的应用前景^[1~4]。然而如何将碳纤维的这一优异增强性能应用于金刚石钻头制造领域还鲜有报道。

本文采用粉末冶金方法制备了致密度较好的短碳纤维增强铁基胎体材料, 并对短碳纤维增强铁基胎体的性能进行了研究。粉末冶金法是将金属粉末充满在排列规整或者无规则取向的碳纤维或晶须中, 然后进行烧结或者挤压成型, 是一种比较成熟的工艺方法, 合金粉末和增强物可以按所需要的任何比例混合, 且由于烧结温度较低可减少因高温引起的界面反应, 同时, 可以降低增强物与基体相互润湿的要求, 用其制备的铁基胎体材料可以通过传统的金属加工方法进行二次加工, 进一步提高性能和尺寸精度。

1 试验方法

1.1 原料

Fe 基预合金粉末粒度为 1~2 μm; 碳纤维粉末为 200 目盐城翔力碳纤维, 加入量为 5%~20%, 试样标记为 CF + 碳纤维的质量百分含量, 如 CF5 代表碳纤维添加量为 5%。

1.2 烧结

将各种原料粉末按配方比例配制, 经小型滚筒式球磨混料机充分混合 3 h 后, 使用 RYJ-2000 型热压机进行热压烧结, 烧结温度为 900 °C, 保温时间为 4 min, 自然冷却。采用高强度、高纯度和高致密化的石墨模具, 烧制抗弯强度试样尺寸为 5 mm × 5 mm × 30 mm, 抗冲击韧性试样尺寸为 10 mm × 10 mm × 50 mm。

1.3 试验内容

对所烧结的试样分别测定胎体材料的硬度(HR-150A 型洛氏硬度机)、抗冲击韧性(JB6 型抗冲击韧性测定仪)和抗弯强度(WDW-100 型微机万能试验机), 分析不同碳纤维添加量对铁基胎体性能的影响。通过观察不同碳纤维量增强铁基胎体材料的烧结后及断口扫描电镜照片, 分析碳纤维对铁基胎体的作用效果, 采用 EDS 即 X 射线能谱仪定性分

收稿日期: 2013-02-26; 修回日期: 2013-12-31

作者简介: 沈立娜(1985-), 女(汉族), 天津武清人, 北京探矿工程研究所工程师, 材料科学专业, 硕士, 从事金刚石钻头的优化设计工作, 北京市房山区良乡工业开发区二期创新路 1 号(102400), slns@foxmail.com。

析材料物相组成。

2 试验结果与讨论

图1是不同短碳纤维添加量与铁基胎体粉末球磨混料后的SEM图片。由图中可以清楚的看出碳纤维成无规则取向分布于铁基胎体粉末中,200目碳纤维粉末约74 μm ,与铁基胎体粉末颗粒存在较大尺寸差异。由图2中对纤维束的EDS分析结果可知,该纤维束即为碳纤维。由图1(a)、(b)可以看出碳纤维粉末表面已经包覆有部分胎体合金粉末,这是铁基胎体中某些合金元素作用的结果,该现象表明经过适当时间的球磨预处理后铁基胎体粉末和碳纤维具有一定的相容性。但是当添加量 $>10\%$ 以后(图1c、d),碳纤维表面包覆的胎体粉末比例明显降低,且碳纤维颗粒束占据了扫描电镜照片视野的大部分区域,这将对整体胎体复合材料的性能产生不利影响。

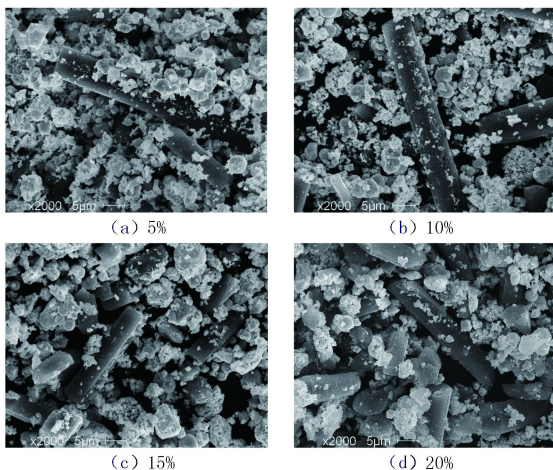


图1 不同碳纤维添加量混料后的SEM照片

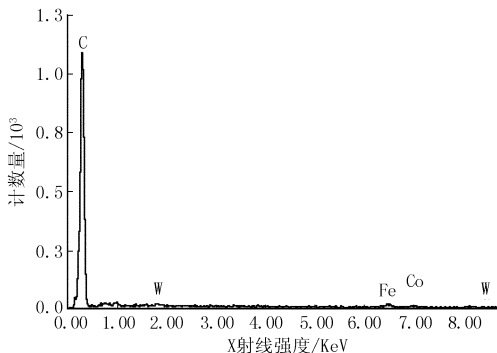


图2 碳纤维增强铁基胎体粉末的EDS分析

表1为不同短碳纤维添加量铁基胎体材料烧结后的胎体硬度测试结果。

由表中数据可知,添加5%(质量比)碳纤维的铁基胎体硬度略有提升,但之后随着碳纤维含量的

表1 不同碳纤维添加量铁基胎体材料的硬度测试结果

试样编号	硬 度	单 位
CF0	24.0	HRC
CF5	24.25	HRC
CF10	19.94	HRC
CF15	88.2	HRB
CF20	70.0	HRB

增加,铁基胎体硬度逐渐降低,当添加量为20%时,硬度已经低至70HRB。由于碳纤维加入后导致纤维体和基体之间形成了许多界面,加之纤维体与基体大多不润湿使得这些界面成为阻碍位错运动的“墙体”;另一方面,由于纤维体与基体物理性能的不同造成了二者热膨胀系数的差异,使得烧结过程中近界面处产生了大量的位错^[5],以上机制均会导致复合材料硬度的强化。然而当过多的碳纤维加入到基体当中后,由于烧结制备过程中携带大量的气孔,碳纤维含量越高,气孔率越高,大大降低了复合材料的硬度。

利用WDW-100型微机万能试验机测量其抗弯强度,测试方法为三点弯曲法,测试结果如图3所示。JB6型抗冲击韧性测定仪测定其抗冲击韧性,如图4所示。

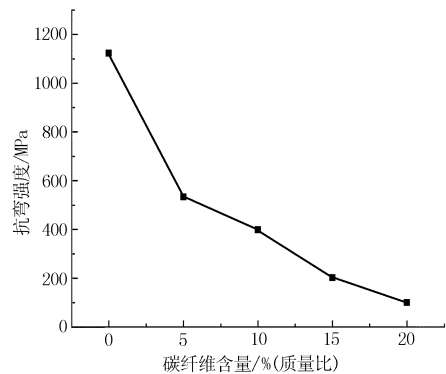


图3 碳纤维对铁基胎体抗弯强度的影响

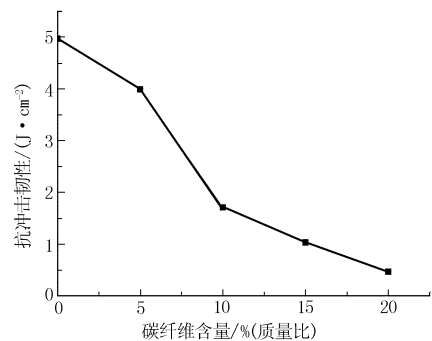


图4 碳纤维对铁基胎体抗冲击韧性的影响

由图3、图4可以看出,随着短碳纤维含量的增加,铁基胎体材料的抗弯强度、抗冲击韧性均呈下降趋势。当添加量为20%时,抗弯强度降低至100

MPa,抗冲击韧性也已经下降至不到 1 J/cm^2 , 很难满足实际钻进需求。

为了进一步获取短碳纤维对铁基胎体材料性能的影响因素,利用扫描电镜获取了5%碳纤维添加量的复合材料冲击断口SEM照片,如图5所示。由图5(a)中1000倍断口照片可以看出,碳纤维呈现分布不均,且取向无规则性,既存在垂直于断口的纤维束也存在平行于断口的显微束,这种碳纤维的局部偏距以及平行于断口方向的纤维分布形成了材料强度的“弱点”,极易成为裂纹源,从而导致材料强度和冲击韧性的降低;另一方面,观察3000倍扫描电镜断口照片(图5b)可以清楚的看到碳纤维和铁基胎体界面存在孔洞,说明两者的界面结合状态不好,在烧结过程中界面的化学反应等导致烧结试样内气孔的存在,减少了复合材料的承载面积,同样也降低材料的强度。

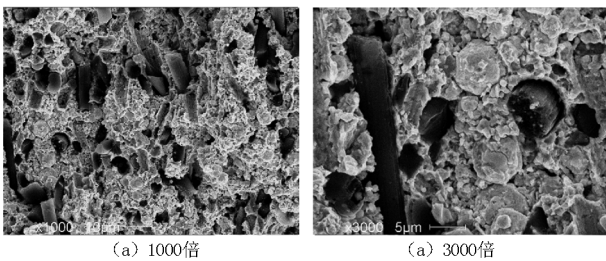


图5 短碳纤维5%增强铁基胎体材料的冲击断口SEM照片

由以上分析可知,5%的碳纤维添加量在硬度增强上虽然具有一定效果,但强度和冲击韧性仍然损失很多,通过改善碳纤维和基体的界面结合状态将会大大提高短碳纤维增强铁基胎体复合材料的综合性能。

4 结论

(1)通过粉末冶金法制备的短碳纤维增强铁基胎体材料具有一定的效果,当添加量为5%时,胎体硬度有所提高。

(2)随着碳纤维含量的增加,铁基胎体复合材料的抗弯强度和抗冲击韧性均呈下降趋势。

(3)粉末冶金法制备的短碳纤维增强铁基胎体复合材料,纤维体和基体的界面需进行表面处理,改善界面结合状态,以提高复合材料的综合性能。

参考文献:

- [1] 徐金城,李晓龙,等.碳纤维增强铜基复合材料的制备及其性能的研究[J].兰州大学学报,2004,40(4):28-32.
- [2] 赵忠华.浅析博采众长的复合材料[J].硅谷,2010,(3):146-147.
- [3] 吕一中,崔岩,等.金属基复合材料在航空航天领域的应用[J].北京工业职业技术学院学报,2007,6(3):1-4.
- [4] 罗天骄,姚广春.短碳纤维增强2024合金复合材料的研究[D].辽宁沈阳:东北大学,2006.
- [5] 高俊江,等.搅拌铸造法制备短碳纤维增强铝基复合材料[D].河南郑州:郑州大学,2011.

(上接第72页)

(6)采用有效的保证措施,软土地区超长灌注桩的垂直度能控制在1%以内。

(7)本工程灌注桩深度大,使得各工序作业的复杂程度、持续时间均大大增加,尤其是试桩工程,还需检测桩径、孔深、垂直度、沉渣厚度等,钢筋笼孔口多次对接更是增加了施工的复杂性和难度。因此,工艺流程各环节必须严格控制,才能保证工程质量,严格控制成孔、二次清孔和水下灌注混凝土的质量,能够保证施工质量。

参考文献:

- [1] JGJ 94-2008,建筑桩基技术规范[S].
- [2] 聂金玲.天津高新区117大厦超长桩钻孔施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(6).
- [3] 潘宏雨,孙芳.钻孔灌注桩后注浆技术实践及其效果分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(7).
- [4] 刘宝新,唐世杰,陈跃武.提高钻孔桩桩底压浆工效及保证质量的技术措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(10).
- [5] 陈琛.软土地区超长钻孔灌注桩后注浆施工工艺探讨[J].上海国土资源,2011,32(2).
- [6] 肖学平.砂层地质大直径超长钻孔灌注桩施工研究[J].民营科技,2013,(2).
- [7] 王泽辉,陈祥福,庄裕杰.大直径超长钻孔灌注桩在无锡软土地基中的应用[J].施工技术,1999,(9).
- [8] 梅子广,黄生根,郝世龙.超长直径钻孔灌注桩施工质量控制[J].施工技术,2013,(1).