

稀土 La 添加量对预合金铁基胎体性能的影响

沈立娜, 阮海龙, 吴海霞, 贾美玲, 欧阳志勇

(北京探矿工程研究所, 北京 100083)

摘要:通过分析不同稀土 La 添加量对铁基胎体烧结性能的影响, 指出在本试验使用预合金粉末和烧结条件下, 当 La 添加量为 0.1% 时, 胎体材料的综合力学性能最好。此外, 适量的稀土 La 加入铁基胎体粉末后可以改善粉末分布的均匀性, 提高金属胎体对金刚石的包镶能力。

关键词: 稀土; 金刚石钻头; 铁基胎体

中图分类号: P634.4⁺1; TG142.1⁺3 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2012)04-0069-03

Influence of La Addition on the Properties of Pre-alloyed Fe-based Matrix Material/SHEN Li-na, RUAN Hai-long, WU Hai-xia, JIA Mei-ling, OUYANG Zhi-yong (Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China)

Abstract: Under some fixed sintering temperatures, the effects on the sintering properties and microstructures of Re(La) content in Fe-based matrix were studied. The optimum mechanical properties of Fe-based matrix were attained at the La content of 0.1%. The distribution of matrix and the retention of diamond in matrix were also improved with proper La addition.

Key words: rare earth; diamond bit; Fe-based matrix

0 引言

热压法制造金刚石钻头常用的胎体配方体系有 WC 基、钴基和铁基。WC 基胎体的烧结温度高, 胎体硬度高、耐磨性强, 而且对金刚石的热侵蚀作用较小, 但胎体的自锐性能较差; 钴基胎体中钴对金刚石的润湿性较好, 且具有低温粘结特性, 同时对金刚石的热侵蚀作用也小, 但由于其价格昂贵, 且钴资源匮乏, 严重妨碍其大量推广应用^[1]; 铁和钴同处 VIII 副族, 许多性能与钴相近, 资源丰富且价格便宜。近年来, 由于金刚石制品市场竞争激烈, 产品价格下跌, 传统的 WC 基、钴基胎体制品成本偏高, 使得铁基胎体成为近年来胎体配方研究的热点^[2]。

许多研究证实^[3-5], 稀土元素具有一系列独特的物理和化学性能, 能够改善胎体材料的组织结构, 强化胎体材料的强度、冲击韧性等。稀土元素在金属材料中的应用已有数十年历史。1965 年, 民主德国在硬质合金的粘结剂内添加 2% 的铈, 使其抗弯强度提高了 20% 左右; 此后美国也研究发现稀土元素确实可以改善硬质合金的机械性能。中国地质大学(武汉)王伟雄^[6]等在钻头富铁胎体中添加 0.1%~0.8% wt 的稀土元素 La, 可以提高富铁胎体在高温、低温时的定压热容, 从而提高胎体对金刚石的包镶能力。在金刚石胎体配方中添加一定量的稀土元

素, 可以降低共晶合金的熔点, 具有有效地脱氧、脱硫、脱氮作用。

虽然在稀土强化金刚石胎体的机理研究方面已经取得一定的进展, 但综合很多文献发现, 稀土对胎体的作用效果并不完全一致, 甚至有时相互矛盾, 其中原因很多, 包括所研究的胎体材料成分、纯度、烧结工艺条件以及制粉方式等。本文通过试验研究不同稀土 La 元素添加量对铁基胎体材料力学性能以及金刚石把持能力的影响规律, 优化金刚石磨料磨具制品的胎体配方设计, 期望加快稀土作用机理的系统研究, 也为实际生产提供一定的指导。

1 试验方法

1.1 原料

Fe 基预合金粉末粒度为 1~2 μm; 金刚石为人工造金刚石颗粒, 粒度为 35~45 目; 稀土 La 粉粒度为 200 目, 纯度为 99.9%, 加入量为 0.1%~0.4%。

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

收稿日期: 2011-10-16; 修回日期: 2012-02-23

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助理工程师, 材料科学与工程专业, 硕士, 从事金刚石钻头的优化设计工作, 北京市海淀区学院路 29 号探工楼 207 室, shenlinas@yahoo.com.cn。

mm × 30 mm, 抗冲击韧性试样尺寸为: 10 mm × 10 mm × 50 mm。

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), 分析稀土 La 添加对胎体力学性能的影响。观察分析稀土 La 添加前后, 金刚石与胎体材料的界面结合状态以及微观组织结构。

2 试验结果与讨论

2.1 稀土 La 添加量对胎体抗弯强度的影响

制备稀土 La 添加量分别为 0 ~ 0.4%, 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 1 所示。

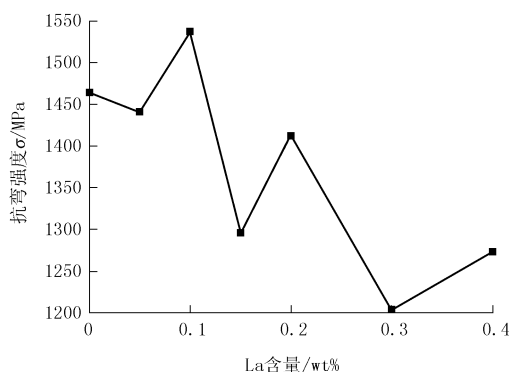


图1 稀土 La 对铁基胎体材料抗弯强度的影响

可以看到, 与不添加 La 的铁基胎体材料相比, 加入适量 La(0.1%) 时, 胎体材料的平均抗弯强度有较大提高, 由 1460 MPa 提高至 1537 MPa, 随着 La 含量的增加, 胎体材料的平均抗弯强度逐渐降低, 增强作用下降。

2.2 稀土 La 添加量对胎体抗冲击韧性的影响

图 2 是胎体材料的抗冲击韧性随着 La 含量增加的变化趋势曲线图, 由图中可以看出, 稀土 La 的添加对该种铁基胎体材料抗冲击韧性的影响并不很明显, 当 La 含量为 0.1% 时, 胎体材料的抗冲击韧性达到 27.5 J/cm^2 。

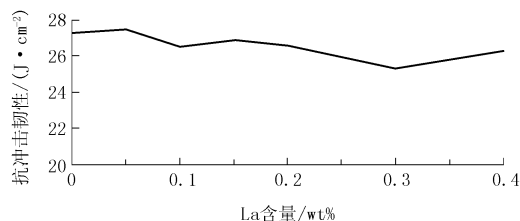


图2 稀土 La 对胎体抗冲击韧性的影响

2.3 稀土 La 添加量对胎体硬度的影响

在金刚石钻头的实际使用中, 胎体材料的硬度是十分重要的衡量参数。因此, 对胎体材料的硬度进行了测试。测试结果如图 3 所示。

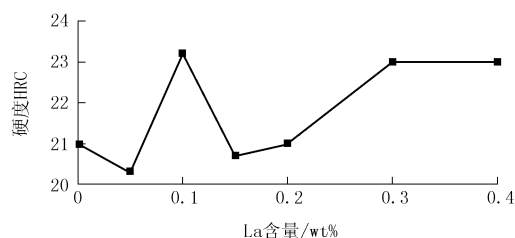


图3 稀土 La 对胎体硬度的影响

由图 3 可以看出, 随着 La 添加量的增加, 胎体材料的硬度有一定程度的提高, 当 La 含量为 0.1%、0.3%、0.4% 时, 硬度较高, 与未添加稀土元素的胎体材料相比, 硬度提高近 10%, 这可能与稀土元素固溶于金属基体有关。

为了进一步研究稀土 La 对胎体材料硬度的影响, 对稀土添加前后试样的硬度测量值进行了统计, 统计结果如图 4 所示。

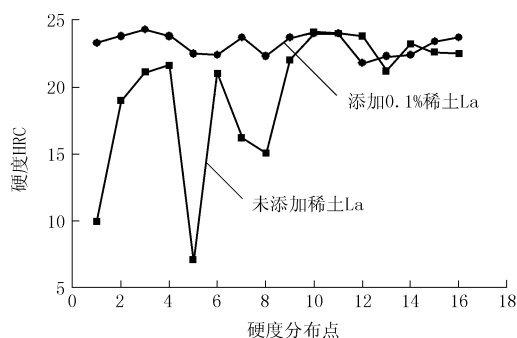


图4 稀土添加前后硬度测量统计图

由图 4 可以看出, 添加了 0.1% 的稀土 La 硬度测量值统计曲线较未添加的胎体材料平缓, 也就是说添加了适量的稀土 La 后, 胎体材料烧结均匀性得到了提高。稀土添加后, 合金碳化物的分布形态和结构有可能发生了变化, 从而改善了胎体均匀度。另一方面, 由于稀土元素的原子半径较大其溶解在晶内将引起相当大的畸变能, 容易聚集在原子排列松散的晶界等缺陷处, 从而降低了有害物质在这些部位的偏聚, 胎体均匀度也有一定程度的提高。

2.4 稀土 La 添加量对胎体粘结性能的影响

为了研究稀土粉末添加前后对金刚石、胎体材料界面结合性能的影响, 使用扫描电镜拍摄得到图 5 所示金刚石/胎体材料界面的显微结构照片。

由图 5 可以明显看出, 未添加稀土元素的胎体材料中金刚石/胎体界面线清晰可见(图 5a), 而添加了稀土 La 后(图 5b), 界面过渡得比较好, 分界区

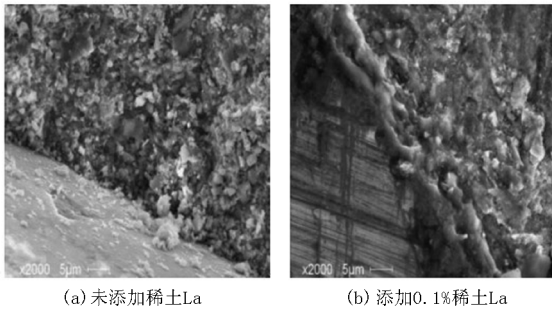


图 5 稀土添加前后金刚石/胎体界面显微结构(2000×)

域并不十分明显。由此也可以得知稀土元素的添加改善了金刚石/胎体材料界面的结合状态,提高了胎体材料对金刚石的把持能力。这也与前述稀土元素可以降低有害物质在界面处的偏聚有关。此外,稀土 La 是标准电极电位为 -2.552 V 的元素,化学性质极为活泼。当加入到金属胎体中后,这种较大的活泼性质使得 La 可与金属胎体粉末表面及粉末间隙中的氧、氮、硫等杂质发生反应,改善杂质的分布状态,并对金属胎体产生固溶强化作用;从热力学角度分析,试验条件下碳化物形成元素与金刚石、La 与金属氧化物以及 La 与金刚石之间反应的吉布斯自由能变化均小于零,即烧结条件下各反应均可发生。表明在烧结过程中,加入的稀土元素 La 可还原金属氧化物,促进金属胎体与金刚石之间的界面反应,并可与金刚石中的碳直接发生反应,从而提高金属胎体/金刚石复合材料的粘结性能^[7,8]。

3 结论与展望

(1) 针对本试验所使用的铁基预合金粉末,当稀土 La 添加为 0.1% 时,胎体可以获得较好的综合

力学性能。

(2) 适量稀土 La 的添加可以提高铁基胎体烧结后的抗弯强度、抗冲击韧性、硬度等力学性能,改善胎体元素形态分布,提高均匀度。

(3) 适量稀土 La 的添加可以提高金属胎体对金刚石包镶能力,这与 La 参与界面氧化物和碳的反应有关。

(4) 目前金属胎体的性能表征都还是采用抗弯强度、硬度和冲击韧性等指标。而这些指标不能反映胎体对金刚石的把持力以及两者磨损的匹配性,更不能和金刚石制品的最终使用性能建立直接对应关系。因此,落实胎体性能表征,建立胎体性能评价体系是今后金刚石制品领域的研究重点。

参考文献:

- [1] 孙毓超,宋月清. 金刚石工具制造理论与实践[M]. 河南郑州: 郑州大学出版社,2005.
- [2] 谭松成,杨洋. 热压金刚石钻头铁基胎体机械性能的研究[J]. 金刚石与磨料磨具工程,2009,(2):49-52.
- [3] 高云,宋月清,康志君,等. La 的不同化合物对金属胎体/金刚石复合材料粘结性能的影响[J]. 粉末冶金工艺,2001,(11):18-21.
- [4] 吴玉会,李国彬,吕建伟. La-Ni 预合金粉在金刚石工具中的作用及机理探讨[J]. 金刚石与磨料磨具工程,2006,(2):24-26.
- [5] 李永良,马辉,高云,等. 稀土元素 La 在金属胎体-金刚石复合材料中的作用[J]. 北京师范大学学报(自然报),2001,37(5):623-626.
- [6] 王伟雄,邹庆化,等. 稀土提高富铁胎体包镶金刚石能力的试验研究[J]. 煤田地质与勘探,2002,(2):62-64.
- [7] 汤凤林,杨凯华,邹庆化,等. 金刚石碎岩工具胎体材料添加稀土元素的试验研究[J]. 探矿工程,2001,(1):45-48.
- [8] 宋月清,康志君,高云,等. La 参与金属胎体/金刚石复合材料界面反应的热力学及动力学分析[J]. 稀有金属,2001,(1):1-4.

山东省地矿局举办绳索取心液动锤钻探技术推广应用培训班

本刊讯 山东省地矿局绳索取心液动锤钻探技术推广应用培训班日前在烟台举行,局属 11 个地勘单位的探矿副总工、钻探公司经理、钻探技术人员及机台机长等 50 余人参加了培训。

本次培训邀请了地质科学院勘探技术研究所苏长寿教授级高工、杨泽英高工及局钻探技术研究中心陈师逊研究员、董海燕工程师等进行讲课。主要就绳索取心液动锤钻探工作原理、基本操作、技术特点、适用条件、现场装配与设备维护、设备匹配和常见问题及处理方法等进行重点讲解和演示。培训期间组织学员现场观摩了绳索取心液动锤实际钻进操作。

绳索取心液动锤钻探技术具有钻进效率高、回次进尺长、能有效防止岩心堵塞、减轻钻孔弯曲等优点,而且结构简单、工作性能稳定可靠。为此,局在开展试验研究的基础上,

决定在全局范围内推广应用该项先进实用技术,并采取“买一补一”的激励政策,计划年内推广 60~80 套,以进一步提升全局小口径钻探在全国的技术优势和品牌竞争力。



(山东省地矿局 张敏、赵辉 供稿)