

添加 P 降低胎体材料的烧结温度^①

丁华东 金志浩 冯庆芬

(西安交通大学金属材料强度国家重点实验室, 西安 710049)

张吟秋 张砚祥

(中南工业大学粉末冶金研究所, 长沙 410083)

摘 要 研究了金刚石钻头胎体中添加 P 以降低胎体材料的液相温度。首先制取 Cu-8.7P 共晶预合金, 并对该合金进行变质处理以提高其韧性, 然后将预合金与其它组元混合, 制成所需要成分的胎体材料。从而降低钻头的热压温度, 减少高温所引起的金刚石强度的损失, 提高钻头的使用性能, 同时又可降低钻头生产成本。

关键词 胎体材料 预合金 Cu-P 钎料

本文的胎体材料系金刚石钻头胎体材料, 起着粘结钢体与包镶金刚石的作用^[1], 同时还要求与所钻岩石(包括建筑中的钢筋混凝土)相适应^[2]。提高钻头质量主要是通过研制合适的胎体材料来实现。

常压下金刚石为亚稳相, 高温下金刚石向石墨转化^[3]。因此, 钻头烧结中宜尽量降低烧结温度并缩短烧结时间。

现广泛采用的中频感应加热热压法中, 钻头胎体材料是以碳化钨等硬质相为骨架, 铜、镍、钴等组元为粘结相而构成的, 其烧结温度为 960~980℃。

高温烧结固然有利于胎体与钢体间的粘结及胎体对金刚石的包镶, 但所造成的金刚石强度的损失也很大。

测试表明, 金刚石在 985℃停留 3min, 其强度便下降 15%。研制低熔点胎体材料, 即可满足胎体材料的性能要求, 又可降低钻头烧结温度以减少高温对金刚石强度的损伤, 具有重大的理论和实践意义。

本文利用 Cu-P 预合金并对其进行变质处理, 在此基础上配制低熔点胎体材料。P 对烧结温度作用的研究, 尚未见国外有关报导。

1 实验设计

由 Cu-P 相图^[4]可知, Cu-P 合金中有一温度为 714℃的共晶。共晶流动性好, 而且, P 是 Cu、Fe 氧化物的脱氧剂。对 Cu 及其合金, Fe 及其合金的润湿性好, 流散快^[5]。胎体中加入 P, 有利于降低其液相温度; 但高 P(5%~7%)时, P-Cu 冷却时形成 P 在 Cu 中的固溶体 α 相及 β 相 (Cu₃P) 共晶, 使 Cu-P 合金呈脆性。这是不符合胎体材料要求的, 故加 P 的关键是消除高 P 铜合金的脆性。

为此, 设计一种微细组织抑制脆性化合物形成, 以提高 Cu-P 合金的韧性。同时, 通过考察 Cu-P 合金在钢板间焊接的焊缝组织变化及焊接性能来确定 Cu-P 与钢体间的粘结性能; 然后, 将所制成的经添加微量元素改性处理后的预合金 Cu-P 粉末与胎体粉末中其它组元球磨混料, 制成所需成分的低熔点胎体粉末。

2 结果讨论

添加 Cu-P 后能降低胎体材料熔点, 添加

① 收稿日期: 1995-03-03; 修回日期: 1995-04-10

剂能否与胎体材料其它组元相容、能否与钢体焊接则是能否使用添加剂的关键。我们以讨论钎焊性能的方式来考察加入 Cu-P 对 Cu、Fe、Ni 等组元的相容性。

2.1 微量 Si、Sb、Ce 对合金组织的影响

添加与未添加微量元素的合金组织示于图 1~4。图 1~4(均放大 1 200×)表明合金组织均匀。图 1 为粗大的共晶组织,其晶粒度为 300~400 μm,形貌为片状;图 2 表明,添加 Si 后,组织细化;图 3 和图 4 不仅组织细化,而且合金中的 α 相呈均匀分散的白色小块状。塑性变形考察表明:组织细化的同时,α 相呈连续分布状态时,合金塑性低;α 相呈非连续分散态时,合金塑性增加;α 相呈微细等轴弥散态时,合金除有良好的热塑性外,冷加工塑性也得到改善。

早期工作^[6]发现,高磷铜合金的断裂是沿晶界断裂,晶粒粗大时,裂纹易于长大并形成网络,合金呈脆性。添加微量元素后,获得微细组织,切断了裂纹增殖途径,从而具有良好的热加工性能,其挤压比可达 100,并可承受冷弯曲。

2.2 添加微量元素对焊接性能的影响

合金的焊接性能取决于母体金属和焊合金两方面。测定不同添加剂的高磷焊合金在 Cu、镀 Ni 低碳钢板上的润湿角 θ,发现其值均低于 15°,证明润湿性好。同时发现,细化组织焊合金的接缝组织致密无孔,接缝强度可达 176~206 MPa,完全满足胎体与钢体间粘强度的要求。图 5 为接缝形貌。

2.3 添加微量元素后焊合金焊接 T₂ 的接缝钎焊 T₂ 母材的接缝组织见图 6。图 6(a)

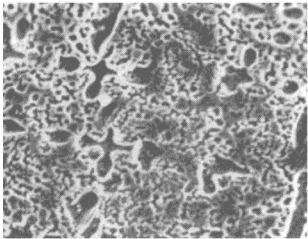


图 1 铸造高 P 铜合金

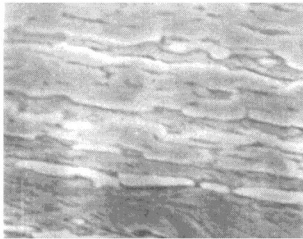


图 3 添加 Sb 的 Cu-P 合金(热挤)

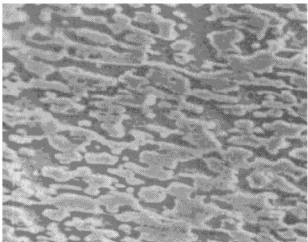


图 2 添加 Si 的 Cu-P 合金(热轧)

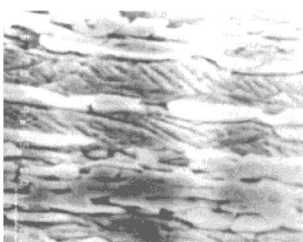


图 4 添加 Ce 的 Cu-P 合金(热挤)

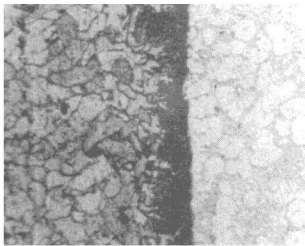


图5 镀Ni低碳钢的钎焊接缝
(左边为母材)

下部为T₂母材，上部为焊合金组织，中间为接缝。

接缝组织表明：焊合金与母材互相渗入的穿插区无明显的分界线，其形貌与含45%Ag的Cu-Ag-Zn焊合金相似。而未添加微量元素的接缝则疏松多孔(如图6(b)所示)。添加剂使焊合金组织细化，晶界面积增加，内能增高，降低了钎焊时的扩散激活能，使接缝致密、强度高。详细讨论见文献[7]。

2.4 生产实践

依前述方法配制的低熔点胎体粉末在钻头生产中起到了同时提高钻进时效与钻头寿命而又降低成本的效果^[8]。

胎体粉末成分仍按钻头胎体与所钻岩层相适应的原则配制，P含量在胎体粉末中所占比

例不超过2%，胎体满足钻进要求。而钻头烧结温度由960~980℃降至900℃以下(880~895℃)，大大降低了烧结温度对金刚石的热损害。以17kg级金刚石为例，900℃以下烧结时测得烧结温度对金刚石的强度损失极微，按15%计，则相当于提高金刚石强度2.25kg。实际应用中根据所钻岩相不同也选用不同强度的金刚石，故相当于在原先烧结温度时，原料金刚石的强度提高1~3kg，钻头钻进时效有所提高。

当烧结温度达到Cu-P共晶温度时，胎体中便有液相出现，从而加速了烧结时的物质迁移，有利于胎体中各组元间的相互结合，形成各种合金和假合金，这对于胎体的强度和韧性的提高是有利的，同时也有利于胎体对金刚石的包镶效果。虽然这对胎体钻进时的耐磨性有所影响，但影响不明显。因为，由于烧结温度的降低，包镶金刚石的强度有所提高，故而耐磨相所占比例减少，耐磨相由金刚石和胎体中的骨架相组成，可以通过调整骨架相来保持耐磨性稳定。

所有这些，提高了钻头的使用寿命。而Cu-P对钢体的钎焊作用又增加了钢体与胎体间的粘结强度，使钻头即使在恶劣的工作条件下钻进也不会出现掉块等非正常损坏。

使用预合金粉配制低熔点胎体粉末，会增加胎体粉末的费用，提高胎体材料在钻头成本中所占的比例(由3%升至7%~8%)。但同时

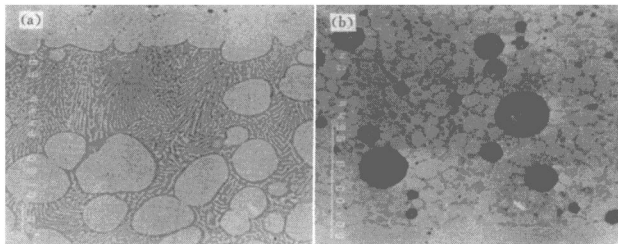


图6 钎焊T₂母材的接缝形貌
(a)—添加微量元素后的焊合金试样；(b)—未经改性处理的对比样

也降低了能耗,提高了生产率,提高了热压用石墨模具寿命。仅最后一项所降低的钻头生产成本值便大于胎体粉末费用的增加值,所以,钻头整体生产成本下降,经济上是合算的。

3 结论

(1) 添加 P 制取低熔点胎体材料,不但可以降低金刚石钻头烧结温度和钻头生产成本,同时又可提高钻头的钻进时效和使用寿命。

(2) 高磷 Cu-P 合金的粗大共晶导致材料的脆性,添加微量元素 Si、Sb、Ce 对其进行变质处理可改善其韧性。

(3) 变质后的高磷 Cu-P 合金改善了焊接

性,对提高胎体与钢体间的粘结强度有很大的好处。

参考文献

- 1 丁华东. 湖南冶金, 1989, (5): 21.
- 2 刘广志(主编). 金刚石钻探手册. 北京: 地质出版社, 1991: 236.
- 3 彭希林等. 粉末冶金技术, 1992, (1): 3.
- 4 Brandes E A. Smithells Metals Reference Book, Sixth Edition. Butterworth and Co(Publishers) Ltd, 1983: 11—224.
- 5 张吟秋, 丁华东. 中南矿冶学院学报, 1991, 22(3): 283.
- 6 张吟秋. 湖南冶金, 1990, (4): 11.
- 7 程时和, 张吟秋. 湖南冶金, 1991, (1): 12.
- 8 丁华东等. 探矿工程, 1995, (3): 38.