

文章编号: 1009-0622(2004)03-0036-03

W-Ni-Fe 高比重合金断口形貌研究

刘桂荣, 刘国辉, 王铁军, 吴诚

(钢铁研究总院 安泰科技股份有限公司, 北京 100081)

摘要:通过对 W-Ni-Fe 高比重合金力学性能差别很大的两组断口形貌进行分析, 在一些高比重合金钨颗粒内发现有 W-Ni-Fe 的沉淀相, 该沉淀相对合金力学性能的提高有益。沉淀相形成主要与成分配比以及烧结后期的真空处理有关。断口形貌可以反应高比重钨合金的烧结状况, 而材料的力学性能与合金断口形貌又有很明显的对应关系, 因此, 要获得很高的力学性能, 烧结及热处理工艺是十分重要的工序。

关键词:钨; 高比重合金; 断口

中图分类号: TG146 **文献标识码:** A

0 前言

高比重钨合金因有高的密度、强度、刚性和导电性及低的热膨胀系数而被广泛应用在航海、航空、机械、冶金、医疗等各领域^[1]。该合金属于一种液相烧结合金, 这类合金既具有高强度, 又有一定的延性。它的基本组织是由硬质钨相和含钨的 Ni-Fe 固溶体构成。钨合金的两相复合的组织结构特点决定了其力学性能对于微观结构的敏感性, 室温下高比重合金的断裂属于脆性断裂, 因此, 从断口表面上很容易发现宏观缺陷, 断口也最能反映材料的力学性能。从理论分析, 钨合金的断裂有四种可能的断裂途径: 钨颗粒的解理(W); 基体相撕裂(M); 基体相与钨颗粒的界面剥离(W-M)及钨-钨界面的开裂(W-W), 而且这四种断裂途径均已被证实确实存在^[2]。既然断口可以直接记录下断裂过程所遗留下来的痕迹, 也就是可以显示裂纹传播的真实过程, 因此, 本文通过对 W-Ni-Fe 合金力学性能差距很大的两种类型断口形貌进行了分析研究, 进而对 W-Ni-Fe 高比重合金的制备工艺进行了评价。

1 原料及试验方法

试验选用的原料是高纯还原钨粉、电解镍粉和还原铁粉。三种粉末按一定(重量百分比)的比例在

三维混料机中混合均匀。采用冷等静压压制, 压制压力为 200MPa, 试样在 H₂ 保护气氛下烧结, 烧结试样均经过真空脱 H₂ 处理, 真空处理可消除氢脆, 提高合金力学性能。

2 结果和讨论

由于影响高比重合金力学性能的因素很多, 为了避免一些金属及非金属夹杂等杂质对合金性能的影响, 试验中选用高纯粉末, 尽量减少对高比重合金力学性能的影响因素。

高比重合金力学性能差的断口, 断口形貌表现为钨颗粒晶间断裂, 只有个别钨颗粒表现为解理断裂, 粘结相呈脆性断裂。高比重合金的延伸率和断裂模式与断口的各种断裂途径所占比例有一定的对应关系, 钨-基体相和钨-钨界面断裂增加, 合金的延伸率降低, 断裂模式也表现为脆性断裂^[3]。如图 1 所示, 粘结相虽然包围了钨颗粒, 但粘结相分布不均匀, 粘结相和钨颗粒结合比较差, 钨颗粒明显长大。测试该合金的拉伸强度为 415MPa, 延伸率为 0.5%, 分析导致该试样力学性能差的原因是烧结温度过高, 保温时间过长导致钨颗粒长大, 从而影响合金的力学性能, 这一点正好与我们当初试验所采用条件相吻合。图 2 是烧结温度和保温时间都适当的断口形貌。从图中可以看出钨颗粒细小, 没有长大趋势, 粘结相充分包围钨颗粒。测试结果显示该

收稿日期: 2004-04-22

作者简介: 刘桂荣(1970-), 女, 黑龙江五常人, 主要从事难熔材料的开发与应用研究。

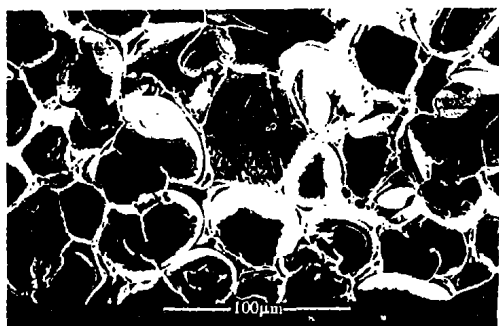


图1 烧结温度过高、保温时间过长的断口形貌

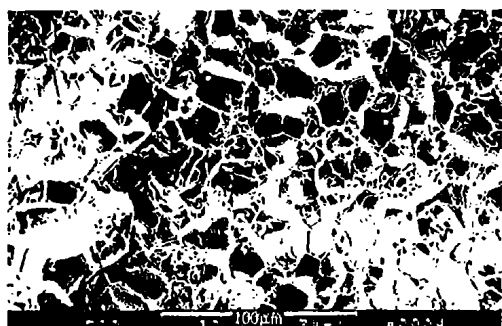


图2 烧结温度和时间适当的断口形貌

合金的拉伸强度为 920MPa, 延伸率为 25%, 拉伸强度和延伸率都比前者有大幅度提高。从图 1 和图 2 试样分析可以看出烧结温度和保温时间是影响合金力学性能的两个很重要的因素, 如果试样的烧结温度低, 即使保温时间延长, 密度会提高, 液相烧结高比重合金中的粘结相没有形成液相或只有局部形成液相, 不能有效地将钨颗粒包裹起来, 钨与粘结相分布极不均匀^[4]。因此, 钨颗粒中的一部分仍然是钨颗粒间的直接接触。钨合金断裂行为的研究表明, 钨颗粒之间直接接触易使材料脆性断裂, 因为钨颗粒间结合强度很低, 当发生断裂时, 该处常常成为断裂源, 严重影响合金的力学性能。因此, 液相烧结时, 要尽量使液相在钨颗粒表面铺展开, 避免钨颗粒间直接接触。另外, 有一些合金断口的钨颗粒界面上存在孔洞, 一般是因为烧结过程中气体没有充分逸出造成的, 另一部分是烧结气氛的气体, 还有一部分是烧结过程中产生的气体, 烧结工艺不当容易产生孔洞, 从上面分析我们可以得出结论, 烧结工艺是决定合金力学性能的关键步骤。

另外一组我们选用高比重合金断口的拉伸强度大于 920MPa, 延伸率在 20% 以上的试样来分析。断口形貌特征是: 钨颗粒均匀分布在粘结相内, 钨颗粒连接度小, 粘结相呈延性撕裂, 钨颗粒呈穿晶解理。图 3、图 4、图 5 钨颗粒粒度均匀, 颗粒小且被

粘结相充分包裹, 粘结相断裂表现为延性撕裂和韧窝状断裂, 图中白色集中的部分是 Ni-Fe 富集区, 钨颗粒多数表现为解理断裂, 与此相对应的合金力学性能也很高^[5]。有些 W-Ni-Fe 合金, 钨颗粒解理断裂面上我们可以看到一些沉淀相如图 6 所示, 扫描电镜分析成分是 W-Ni-Fe 的沉淀相 (见图 7), 形状细且不规则, 表明在合金形成过程中 Ni、Fe 进入钨颗粒内并沉淀下来。该沉淀相的性质和粘结相类似, 具有一定的塑性, 能改善界面力学性能。力学性能结果显示含有该沉淀相的合金的拉伸强度和延伸率比没有该相的要高。在 91W-6Ni-3Fe、92.5W-5Ni-2.5Fe 和 93W-4.9Ni-2.1Fe 合金中发现有该沉淀相, 其他成分配比的 W-Ni-Fe 合金中没有发现该种沉淀相。该沉淀相存在于真空处理后的试样内, 烧结态试样内没有该种沉淀相, 而且该种沉淀相分布在钨颗粒内, 不存在于钨颗粒间以及粘结相中。分析该种沉淀相形成主要与成分配比以及烧结后期的真空处理有关。

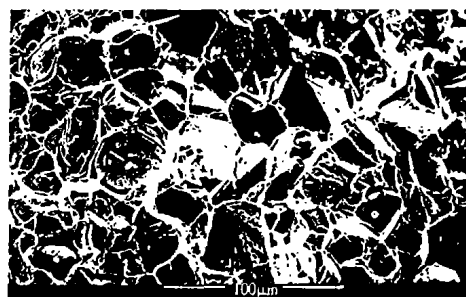


图3 钨颗粒被粘结相包裹

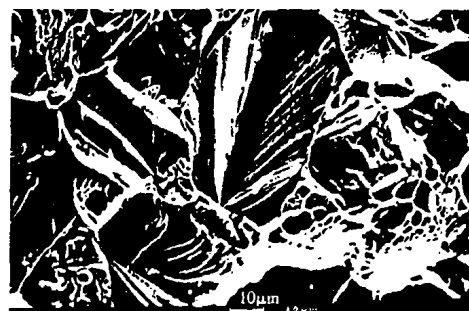


图4 钨颗粒呈解理断裂

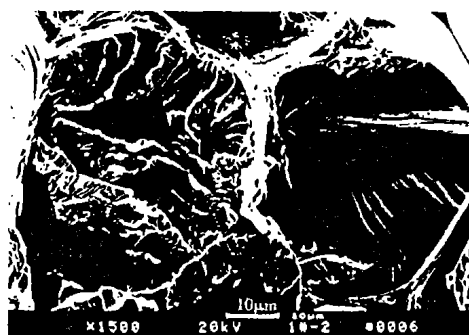


图5 钨颗粒解理台阶



图6 钨颗粒沉淀相

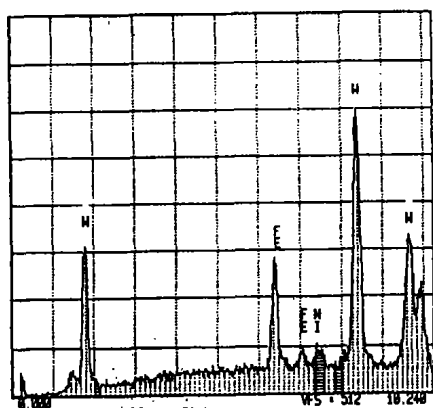


图7 沉淀相扫描电镜结果

通过断口分析法可以研究材料断裂本质和控制因素,断口表面可以反应宏观缺陷,根据解理断裂面上解理阶的形貌和分布或统计穿晶断裂和沿晶断裂的比例,可以对材料的脆性程度作定性评估。例如:沿晶脆性断裂的晶粒比例愈多,可以认为该合金愈脆。而断口的形貌又是由材料的制备工艺

决定的,为了获得力学性能高的高比重合金材料,必须对材料的制备过程进行严格控制,从合金的断口表面,可以直接观察到颗粒的真实粒度、颗粒形态和孔隙分布、杂质等,从而可以对合金制备过程中的粉末纯度、烧结温度、保温时间以及气氛等因素进行控制,提高合金的力学性能。

3 结论

通过高比重合金断口分析研究可以对合金制备工艺进行评价。

钨颗粒均匀分布在粘结相内,粘结相呈延性撕裂,钨颗粒呈穿晶解理断裂,钨颗粒内有沉淀相的断口,材料的力学性能高。沉淀相形成主要与成分配比以及烧结后真空处理有关。

参考文献:

- [1] 朱桂森.高比重钨合金[J].稀有金属材料与工程,1988,2:34-41.
- [2] 黄继华,赖和怡,周国安.高比重钨合金的微观结构和性能的关系[J].粉末冶金技术,1992,1:63-68.
- [3] 范景莲,曲选辉,黄伯云,等.高比重合金显微组织、性能与工艺[J].材料导报,1999,2:13-15.
- [4] 吴恩熙,吴爱华.烧结温度对高钨合金性能的影响[J].稀有金属与硬质合金,2004,1:16-18.
- [5] E.Fortuna, W.Zielinski, K.Sikorski. TEM characterization of the microstructure of a tungsten heavy alloy [J]. Materials Chemistry and Physics, 2003, 81:469-471.

Research on Fracture Surface of W-Ni-Fe Tungsten Heavy Alloy

LIU Gui-rong, LIU Guo-hui, WANG Tie-jun, WU Cheng

(Advanced Technology and Materials Co., Ltd. CISRI, Beijing 100081, China)

Abstract: Two fracture surfaces of W-Ni-Fe tungsten heavy alloy which have a world of difference in mechanical property are analysed. It is observed that there is precipitated phase containing iron, nickel and tungsten in tungsten grain of tungsten heavy alloy, and the precipitated phase is favourable to enhancing mechanical property of the alloy. The formation of the precipitated phase appeared to be associated with post-sintering vacuum treatment. The sintering state of tungsten heavy alloy can be showed on fracture surface, and the mechanical property of materials corresponds to the fracture surface obviously. Sintering process and heat treatment are the most important to mechanical property of tungsten heavy alloy.

Key words: tungsten; heavy alloy; fracture