DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2019.03.002

烧结温度和保温时间对钴基合金组织与性能的影响

吕松涛[1],苏义祥[2],尹章轩[1],崔燕平[1],梁腾文[1],杨美美[1]

(1. 郑州电子信息职业技术学院 交通运输系，河南 郑州 451450;2. 兰州理工大学 材料科学与工程学院，甘肃 兰州 730050)

摘　要:配制一定比例的钴基合金粉末,利用光学显微镜、布洛硬度仪等分析手段研究烧结温度和保温时间对钴基合金微观组织和硬度的影响。结果表明,烧结温度为 1 290 ℃,保温时间为 2.5~3.0 h 时,钴基合金具有最佳的微观组织且硬度最高。

关键词:钴基合金粉末;烧结温度;保温时间

中图分类号: TG146.1　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2019)03-0243-03

Effect of Sintering Temperature and Time on Microstructure and Properties of Cobalt-based Alloys

LYU Songtao[1], SU Yixiang[2], YIN Zhangxuan[1], CUI Yanping[1], LIANG Tengwen[1], YANG Meimei[1]

(1. Department of Transportation, Zhengzhou Professional Technical Institute of Electronic & Information, Zhengzhou 451450, China; 2. School of Materials Science and Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract: The effect of sintering temperature and holding times on microstructure and properties of cobalt-based alloy were investigated by OM and Brinell-Rockwell hardness tester. The results show that the optimal sintering temperature and holding time for cobalt-based alloy are 1 290 ℃ and 2.5~3 h, respectively, and cobalt-based alloy has the best microstructure and mechanical properties.

Key words: cobalt based alloy powder; sintering temperature; holding time

钴是一种硬质金属,具有钢的灰色和光泽,是中等活性金属[1]。常温时,水、湿空气、碱及有机酸对钴不起作用,具有良好的抗腐蚀性。钴优越的理化性能,使其在工业部门获得了极其广泛的应用,特别是在航天、航空和核能的关键部位是其他材料不能替代的[2,3]。钴基合金是以钴作为主要成分,含有相当数量的铬、钨、铁的一类合金。根据合金中成分的不同,可以制成焊丝,粉末用于硬面堆焊、热喷涂、喷焊等工艺,也可以制成铸锻件和粉末冶金件[4]。钴基合金作为耐高温和耐冲蚀的材料,广泛应用于燃汽轮机叶片、叶轮、导管、喷气式发动机、火箭发动机、导弹的部件和化工设备中各种负荷耐热部件,以及核工业中的各种长寿命的部件[5]。钴基合金主要通过粉末冶金的方法成型,烧结温度和保温时间对钴基合金的成型及组织结构有很大的影响。本文主要通过研究烧结温度和保温时间对钴基合金组织和性能的影响,进而优化钴基合金粉末冶金工艺,提高合金的综合力学性能。

1　试验材料与方法

采用气雾化工艺制备钴基合金粉末，工序包括熔炼、雾化、筛分及检验。压力为 5~10 MPa,流速为 60~90 mm/s,过热为 100~160 ℃。通过万分之一的电子分析天平称取一定配比的钴基合金粉末。将称量好的钴基合金粉末在行星式球磨机中混磨 3 h,使合金粉末充分混合。表 1 为合金粉末的化学成分。图 1 为合金粉末的微观形貌。

表1 钴基合金粉末的成分及含量 w(%)
Tab.1 Composition and content of cobalt-based alloy powder

C	B	Si	Cr	Fe	W	Co	其余
0.237 1	1.777 0	2.177 2	23.877 0	2.677 1	4.277 0	64.977 2	<1.0

将在行星式球磨机里球磨后充分混合均匀的合金粉末装入一端封闭的石英管中，然后用玻璃棒对合金粉末进行压实，并在石英管中放入少量草木灰对合金粉末表面进行覆盖,隔绝空气。最后将石英管放入箱式电阻炉中，将合金实验烧结温度设为

收稿日期:2018-09-27

作者简介:吕松涛(1990-),河南郑州人,硕士,助教.研究方向:金属材料.电话:18839023586,
E-mail:Lvsongtao1015@163.com

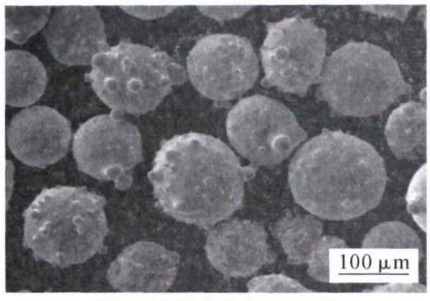


图 1 钴基合金粉末形貌
Fig.1 Cobalt-based alloy powder morphology

1 200、1 250、1 290 和 1 300 ℃，在金相显微镜下观察不同温度下烧结的钴基合金的宏观形貌，在布洛硬度仪测定不同温度下钴基合金的洛氏硬度值[6]，进行对比分析确定合适的烧结温度。在达到设定烧结温度时设定保温时间分别为 2、2.5、3 和 3.5 h，烧结结束后取出直接在空气中冷却(空冷)，在金相显微镜下观察各保温时间下钴基合金的金相组织并进行对比分析。

2 试验结果与讨论

2.1 烧结温度的影响

温控仪控制升温至试验设定烧结温度 1 200、1 250、1 290、1 300 ℃，炉内温度将保持稳定不再升高。取出空冷得到对应烧结温度下的钴基合金，将制备好的合金试样切割，表面研磨至镜面（≤0.1 μm），用布洛硬度仪进行洛氏硬度试验，硬度 HRC 值列于表 2。

通过硬度测试结果发现，在 1 200 ℃烧结温度下制备的钴基合金硬度值极低，当烧结温度升至 1 250 ℃，合金硬度有了大幅提升，继续提高烧结温度至 1 290 ℃，合金硬度值达到最高。在烧结温度 1 300 ℃下，合金硬度值有明显下降，说明烧结温度在 1 290 ℃左右时，能最大限度保证合金硬度。图 2 为不同烧结温度下钴基合金的形貌。

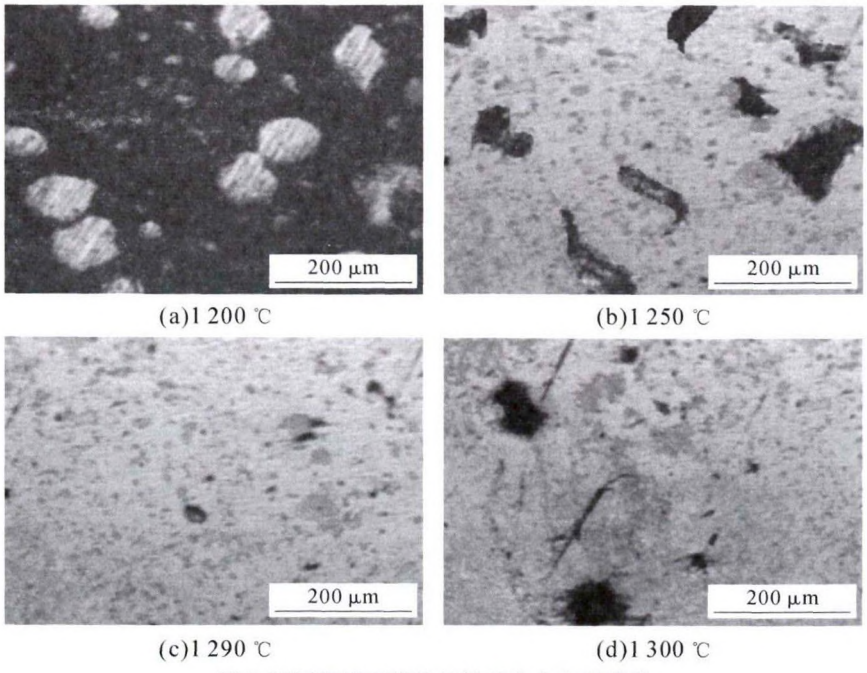
表2 不同温度下钴基合金的洛氏硬度 (HRC)
Tab. 2 Rockwell hardness of cobalt-based alloys at different temperatures

温度 /℃	1	2	3	4	5	6	7	8	平均值
1 200	1.2	4.6	3.7	1.8	2.3	3.4	2.6	3.1	< 5
1 250	38.9	39.4	39.6	39.7	37.6	39.3	37.2	37.3	38.6
1 290	44.9	44.4	45.6	43.7	47.6	42.3	43.2	44.3	44.5
1 300	42.7	40.4	41.0	41.7	40.9	41.0	41.6	41.9	41.4

合金的组织与性能与烧结温度有很大关系，过高过低都不行，过高会产生过烧现象，造成晶粒变大，合金力学性能下降；过低会直接导致合金成形效果不好，致密度低。从图 2 可以看出，1 290 ℃下烧结的合金试样宏观组织致密，表面基体组织结构平整。在低于 1 290 ℃烧结温度时发现 1 200 ℃下烧结的合金试样未达到熔融的成形状态；1 250 ℃下烧结的合金试样有少数粉末颗粒未完全达到烧结状态，并伴有气孔和氧化渣物。当烧结温度提高至 1 300 ℃，发现合金表面产生过烧，表面有裂纹产生，可能是由于过烧导致收缩产生的。通过不同的烧结温度下合金试样宏观形貌对比分析可知，钴基合金合适的烧结温度在 1 290 ℃左右。

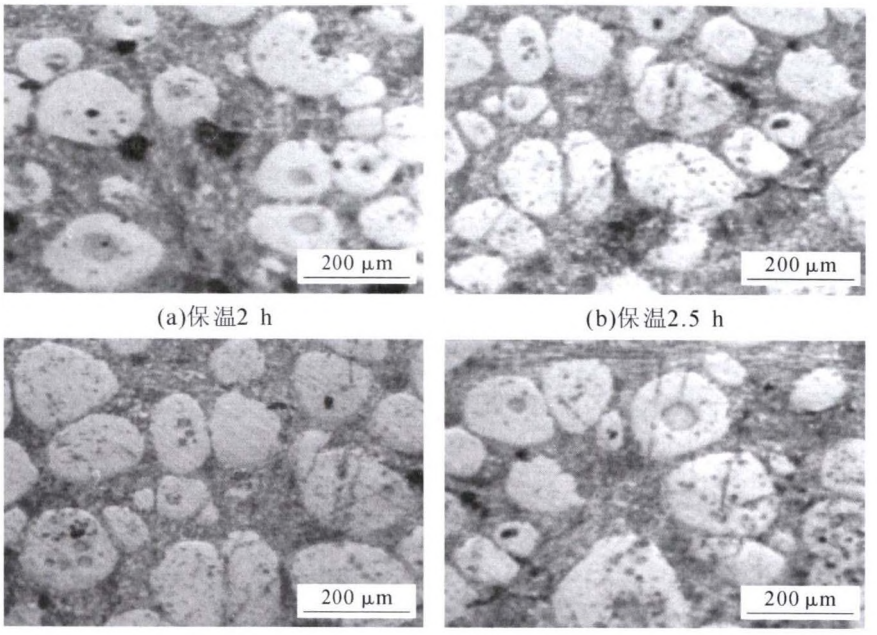
2.2 保温时间的影响

通过以上分析研究，将试验烧结温度设定为 1 290±2 ℃，合金粉末烧结温度达到设定温度后，分



(a)1 200 ℃ (b)1 250 ℃
(c)1 290 ℃ (d)1 300 ℃

图 2 不同温度下烧结的钴基合金宏观形貌
Fig.2 Macroscopic morphology of cobalt-based alloys sintered at different temperatures



(a)保温2 h　(b)保温2.5 h

(c)保温3 h　(d)保温3.5 h

图 3 不同保温时间下钴基合金的金相组织

Fig.3 Metallographic structure of cobalt-based alloys at different holding times

别保温 2.0、2.5、3.0 和 3.5 h，取出空冷。图 3 为不同保温时间下钴基合金的微观组织。

可以看出，在 1 290±2 ℃保温 2 h 时合金基体组织成形还不够好，有气孔和氧化渣这些黑色夹杂物粘附在表面，并且出现牛眼状的晶粒和小岛似的颗粒。保温 2.5 h 和保温 3 h 的合金金相组织基本一致，合金成形较好，晶粒分布均匀，牛眼状的晶粒和小岛似的颗粒物消失或减少，气孔和氧化渣有所减少，此保温时间下的合金的力学性能较优。保温 3.5 h 时基体上的部分晶粒发生明显长大，发生了二次再结晶，还有成分偏析缺陷，此时合金的综合性能有所下降。经过对比分析得出，保温时间在 2.5~3 h 时，钴基合金的组织结构更好。

3 结论

经硬度测试及不同温度下烧结的钴基合金的宏观形貌对比，合金在 1 290 ℃烧结温度下，硬度最高，内部组织致密均匀。保温时间为 2.5~3.0 h 时，钴基合金的组织更致密更均匀。

参考文献：

[1] 曹顺华，李炯义，林信平，等. 纳米晶 WC-10Co 硬质合金复合粉末的烧结行为及性能 [J]. 稀有金属材料与工程，2005，34(11)：1703-1706.

[2] 马秀萍，李超. 铸造过热度和热处理对 CoCrMo 合金显微组织的影响[J]. 材料工程，2014(3)：66-70.

[3] Jegadeeswaran N, Udaya B K, Ramesh M R. Improving hot corrosion resistance of cobalt based superalloy(superco-605) using hvof sprayed oxide alloy powder coating [J]. Transactions of the Indian Institute of Metals，2015，68(2Suppl): 309-316.

[4] 汤丹，徐翠翠，周宏韬，等. 阀门密封面的钴基合金粉末等离子弧焊工艺[J]. 焊接技术，2017(8)：58-60.

[5] 苏义祥，吕松涛，杨效田，等. 微量碲对钴基合金耐磨损性能的影响[J]. 兰州理工大学学报，2015，41(6)：12-16.

[6] 房永强，杨军红，郑晓斐. 钴基合金显微硬度测量压痕尺寸效应分析[J]. 铸造技术，2018，39(2)：284-288.

《铸件均衡凝固技术及应用实例》

《铸件均衡凝固技术及应用实例》由西安理工大学魏兵教授编著。共 8 章：1、铸铁件均衡凝固与有限补缩；2、铸铁件冒口补缩设计及应用；3、压边浇冒口系统；4、浇注系统大孔出流理论与设计；5、铸件均衡凝固工艺；6、铸钢、白口铸铁、铝、铜合金铸件的均衡凝固工艺；7、浇注系统当冒口补缩设计方法；8、铸件填充与补缩工艺定量设计实例。全书 320 页，特快专递邮购价 226 元。

邮购咨询：李巧凤 029-83222071，技术咨询：13609155628