

文章编号:1673-9981(2011)01-0039-03

粉末冶金温压铁基合金的力学性能研究

闵 生, 黄钧声

(广东工业大学材料与能源学院, 广东 广州 510006)

摘 要:采用粉末内润滑温压工艺制备了 Fe-4Ni-1.5Cu 合金与 Fe-4Ni-1.5Cu-0.5C 合金. 在温压温度 100 ℃、压制压力 750 MPa 的条件下, 加入润滑剂 COM 和石墨粉后可以制备出烧结密度 7.18 g/cm³、硬度 87HRB、屈服强度 488 MPa、抗拉强度 537 MPa、断后伸长率 4.3% 的 Fe-4Ni-1.5Cu-0.5C 合金材料; 粉末中加入石墨后, 在其烧结试样中形成了珠光体、马氏体等较为复杂的多相组织, 强化了基体组织.

关键词:粉末冶金; 温压; 粉末内润滑; 力学性能

中图分类号: TF124

文献标识码: A

材料和能耗是当今零件制造业中最重要的两个技术经济指标, 在这方面, 粉末冶金工艺显示出良好的优势. 在大批量生产形状较为复杂、尺寸精度高、性能稳定的零部件时, 粉末冶金工艺比传统的铸造工艺具有更多的竞争优势, 符合低碳经济的发展要求. 目前, 各国经过多年的研究, 开发出多种不同的生产工艺, 如高温烧结、渗铜技术、复压复烧、粉末锻造、热等静压、喷射沉积、温压工艺、快速压制等工艺^[1-3]. 由于这些工艺存在着不同程度的成本高和零件尺寸精度低等问题, 使本富于竞争力的 P/M 零件的潜力难以得到充分发挥. 近十几年来, 国外又成功开发了粉末冶金温压技术, 以其经济可行性引起了轰动并获得了很大的商业成功, 已被认为是 20 世纪 90 年代以来粉末冶金零件生产技术方面最重要的一项技术进步.

关于铁镍铜系材料温压的相关研究, 目前已取得较快进展. 如沈元勋等^[4]采用温压模壁润滑工艺, 以铁基粉末 (94Fe+2Cu+2Ni+1Mo+1C) 为基粉并混合质量分数 0.3% 的聚合物, 在压制温压温度 130 ℃ 和压制压力 700 MPa 下得到密度高达 7.32 g/cm³、硬度达 295HB、抗拉强度高达 853 MPa 的零

部件. 李金花等^[5]采用模壁润滑温压工艺, 以铁基粉末 (Fe+2Cu+1C) 为基粉并混以 0.6% 新型润滑剂, 在压制温压温度 140 ℃ 和压制压力 610 MPa 的条件下, 得到密度达 7.18 g/cm³、拉强度达 537 MPa 的铁基粉末冶金材料. Abolfazl Babakhani, H. Shokrollahi 等^[6-7]也获得了高性能的烧结部件. 本文结合实际生产, 采用一种新型有机高效润滑剂, 并只使用粉末内润滑的温压工艺, 研制出 Fe-Ni-Cu 合金与 Fe-Ni-Cu-C 合金材料. 试验中所使用的润滑剂价格低廉, 生产工艺简单易操作, 以期减少成本和生产周期的同时可以得到所需合格的零部件材料.

1 试样制备与试验方法

1.1 试料

赫格纳斯(中国)有限公司生产的温压专用粉末 Distaloy AE, 其粒径 $d < 147 \mu\text{m}$, 化学成分为 Fe-4Ni-1.5Cu; 石墨粉 C; 润滑剂为日本新型有机高效润滑剂 COM.

1.2 试样制备

A 组原料为 5 kg Distaloy AE+40g COM, B 组

收稿日期: 2010-10-15

作者简介: 闵生(1984—), 男, 安徽蚌埠人, 硕士研究生.

原料为 5 kg Distaloy AE+40g COM+25g C,将 A、B 两组原料分别在 V 型混粉机中混合成两组温压粉末.采用扬州伟达机械有限公司生产的 PH-80T 温压粉末成型机,在压制压力 750 MPa、温压温度 100 ℃的条件下分别将 A 和 B 两组粉末压制成形,制得 A、B 两组生坯试样,每组 20 个,试样尺寸为 GB7963-1987 规定的扁平拉伸试样.在分解氨气氛中,在烧结温度为 1120 ℃的网带式连续烧结炉中将生坯烧结 30 min,然后自然冷却得到烧结合金试样.

1.3 测试方法

用排水法测烧结试样的密度;在布洛维光学硬

度计上测试洛氏硬度值 HRB;采用电液伺服微机控制万能试验机进行拉伸试验,并计算出烧结试样断后伸长率;采用金相显微镜观察金相组织;采用日本日立公司生产的 S-3400N-II 型扫描电子显微镜 (SEM)对拉伸断口进行观察和分析.

2 实验结果与讨论

2.1 密度

粉末冶金材料的密度对其性能有着重要的影响.采用排水法测得的平均密度列于表 1.

表 1 烧结试样的硬度、密度、屈服强度、抗拉强度和断后伸长率

Table 1 Hardness, density, yield strength, ultimate tensile strength and elongation after fracture of sintered samples

试样组号	密度/(g·cm ⁻³)	硬度(HRB)	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	断后伸长率/%
A	7.32	78	390	484	3.8
B	7.18	87	488	537	4.3

由表 1 可看出,所制得的试样都有较高的烧结密度,加石墨粉的 B 组试样的密度稍低.其主要原因,一方面是采用的新型有机高效润滑剂在温压温度范围内以熔融状态为主,很大程度上提高了粉末之间的润滑效果,大大地减小了颗粒之间的摩擦阻力,提高了有效压力;另一方面,润滑剂的良好润滑效果促进了颗粒的重排,有效地提高了粉末的塑性变形程度.此外,石墨本身也具有一定的润滑作用,会增强颗粒之间的润滑效果,但是由于其本身密度较小,会稍微降低合金材料的密度.结果表明,所采用的新型有机润滑剂 COM 在一定的压制压力和压制温度下表现出了很好的润滑效果,可以得到密度较高的 Fe-4Ni-1.5Cu 合金与 Fe-4Ni-1.5Cu-0.5C 合金材料.

2.2 力学性能

所测样品的硬度、屈服强度、抗拉强度和断后伸长率均列于表 1.由表 1 可知,两组试样都达到了较高的硬度,只是 B 组的硬度稍高;与 A 组试样相比,加石墨的 B 组试样,其屈服强度和抗拉强度分别提高 98 MPa 和 53 MPa,断后伸长率也稍增大,达到 4.3%.B 组试样的综合性能如硬度、屈服强度、抗拉强度等均高于 A 组,是由于加入的石墨,形成了珠

光体、奥氏体、马氏体等较为复杂的相组织(图 2),该组织具有良好的烧结强化效果.另外,加入的碳降低了铜对铁的润湿性,使铜富集于小颗粒和晶界处,而镍可以充分扩散,最终获得了较为均匀的组织,大大地提高了材料的力学性能.

结果表明:新型有机润滑剂 COM 在压制压力 750 MPa、温压温度 100 ℃的条件下表现出了较好的润滑效果,加入石墨粉后得到的 Fe-4Ni-1.5Cu-0.5C 合金可用于硬度要求较高且成本要求较低的场合.

2.3 显微组织和断口形貌

图 1 是 Fe-4Ni-1.5Cu 试样的显微组织,其中颗粒状的是由铁镍铜形成的固溶体相,其余的是纯铁相.图 2 是 Fe-4Ni-1.5Cu-0.5C 试样的显微组织.图 2 中深灰色的相是珠光体,浅灰色的相是铁素体,灰白色的相是奥氏体,浅灰色的边界区域主要是马氏体.

图 3 是综合性能较好的 Fe-4Ni-1.5Cu-0.5C 烧结试样拉伸断口的扫描照片.由图 3 可看出,断口存在一些细小的孔洞,断面主要由韧窝和解理断面组成,其断裂机理是韧性断裂和解理断裂共存的混合型断裂.

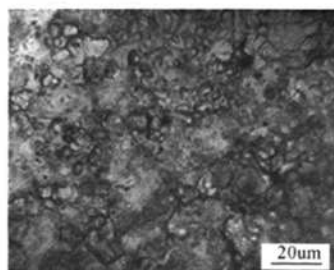


图1 Fe-4Ni-1.5Cu 试样显微组织

Fig.1 The microstructure of Fe-4Ni-1.5Cu

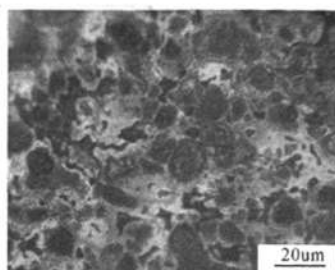


图2 Fe-4Ni-1.5Cu-0.5C 试样显微组织

Fig.2 The microstructure of Fe-4Ni-1.5Cu-0.5C

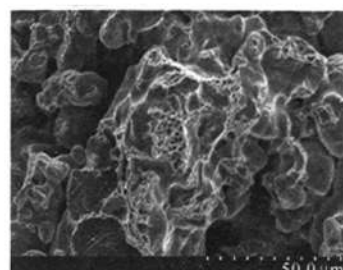


图3 Fe-4Ni-1.5Cu-0.5C 试样断口形貌

Fig.3 SEM fracture surface morphology of Fe-4Ni-1.5Cu-0.5C

3 结 论

在温压温度 100 °C、压制压力 750 MPa 的条件下,加入新型有机润滑剂 COM 和石墨后可得到烧结密度达 7.18 g/cm³、硬度达 87HRB、屈服强度达 488 MPa、抗拉强度达 537 MPa、断后伸长率达 4.3% 的 Fe-4Ni-1.5Cu-0.5C 合金材料,加入碳后,可形成珠光体、马氏体等较为复杂的多相组织,强化了基体组织。

参考文献:

- [1] 黄培云.粉末冶金原理[M].第2版.北京:冶金工业出版社,1997:377-380.
- [2] 韩凤麟.粉末冶金机械零件[M].北京:机械工业出版社,1987:115.

- [3] JONES P, GOLDER K B, LAWCOCK R, et al. Densification strategies for high endurance P/M components [J]. Inter J Powder Metall, 1997, 33(3): 37-43.
- [4] 沈元勋,肖志瑜,方亮,等.部分扩散预合金温压铁-铜-镍-钼-碳材料得组织与性能[J].机械工程材料,2007,31(9):31-33.
- [5] 李金花,倪东惠,朱权利,等.粉末冶金温压工艺制备 Fe-Cu-C 材料[J].机械工程材料,2005,29(5):38-40.
- [6] Babakhani A, Haerian A, Ghambari M. On the combined effect of lubrication and compaction temperature on properties of iron-based P/M parts[J]. Materials Science and Engineering, 2006, A437: 360-365.
- [7] SHOKROLLAHI H, JANGHORBAN K. Effect of warm compaction on the magnetic and electrical properties of Fe-base soft magnetic composite[J]. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2007(313): 182-186.

Research on mechanical properties of iron-based alloys by warm compaction powder metallurgy

MIN Sheng, HUANG Jun-sheng

(Faculty of Material and Energy, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Fe-4Ni-1.5Cu alloy and Fe-4Ni-1.5Cu-0.5C alloy were prepared by powder lubrication warm compaction. Results show that under the conditions of compaction pressure of 750 MPa and compaction temperature of 100 °C, the Fe-4Ni-1.5Cu-0.5C alloy presents 7.18g/cm³ sintered density, 87 HRB hardness, 488MPa yield strength, 537 MPa ultimate tensile strength and 4.3% elongation. The addition of C into the powder can form multiphase microstructures such as pearlite and martensite, which is beneficial to enhance matrix.

Key words: powder metallurgy; warm compaction; powder lubrication; mechanical properties