

文章编号: 1003—7837(2005)04—0026—04

铁基粉末齿环材料的制备

罗奕兵, 张胜华

(中南大学材料科学与工程学院, 湖南 长沙 410083)

摘 要: 采用高能球磨法制备 Fe-2Mn-2Cu-Mo-C-P 粉末, 研究了粉末形态的变化规律, 以及压坯密度、烧结密度与球磨时间的关系。结果表明, 球磨 8 h 的粉末经压制烧结, 材料密度为 7.21 g/cm³, 退火后 Hv5 值为 230~240, 该材料具有良好的热塑性及硬度, 适合粉末热锻法生产齿环。

关键词: 高能球磨; 齿环; 铁基粉

中图分类号: TF122.5 **文献标识码:** A

同步器齿环是变速器中的重要零件, 它的形状复杂, 对尺寸精度、耐磨性及机械性能要求高。传统方法生产黄铜齿环具有工序长及成分不均匀、材料利用率低等缺点。与传统方法相比, 粉末热锻法生产齿环工艺简单、材料利用率高^[1]。由于铁基齿环材料具有成本低的优点, 已成为国外研究的热点。国外研究集中在 Fe-Ni-Cu-Mo-C 粉末热锻上^[2,3], 国内的赵仲治对 Fe-Cu-Mo-C 粉末热锻法生产齿环进行过研究^[3]。提高粉末冶金材料的耐磨性与强度, 一般有两种方法即提高材料的致密度和合金化。锰和镍在铁基粉末冶金中的作用基本相似, 而磷既可提高烧结铁的强度^[4], 又不降低其塑性。本文对所设计的 Fe-Mn-Cu-C-Mo-P 铁基粉末在 高能球磨后生产齿环, 进行了探索性的研究。

1 试验方法

1.1 球磨与烧结

铁粉为国内某厂生产的雾化粉, 粒度为-0.074 mm; 铜、钼均为单一粉体, 粒度为-0.074 mm; 碳为鳞片状石墨粉; 锰与磷为合金粉。粉末的化学成分与粒度见表 1。

表 1 粉末的化学成分与粒度

Table 1 Chemical composition and particle size of powder

原料	w(Fe)/%	w(Mn)/%	w(P)/%	粒度/mm
磷铁粉	82	—	18	-0.074
锰铁粉	30	70	—	-0.074

将各粉末按表 2 比例放入球磨罐, 钢球选用 D10 mm, 同时加质量分数为 1% 硬脂酸锌, 球与粉末的质量比为 10.5 : 1, 球磨时间分别为 2, 8, 24 h。球磨后的粉末在相同压力下制成 D12.5 mm×11 mm 坯, 压坯在热分解氨的气氛下烧结, 烧结温度 1080~1150℃, 烧结时间 30 min。烧结后的试样在普通箱式电阻炉中白炭的保护下进行 760℃/4 h 退火处理。

表 2 合金成分

Table 2 Alloy compositions w/%

Mn	Cu	Mo	P	C	Fe
2~3	2~3	0.8	0.5~0.8	0.6	余量

1.2 性能检测

用 SEM 对球磨后的粉末形貌及烧结材料的孔隙分布、大小进行观察分析。用 D/MAX-rB 型 X 射

收稿日期: 2005-01-09
作者简介: 罗奕兵(1975—), 男, 湖南长沙人, 硕士。

线衍射仪对球磨后的粉末进行结构分析,其中靶极材料为 Cu,管电压为 36 kV,管电流为 30 mA. 利用排水法测量压坯密度与烧结后的密度,测量时样品表面涂一薄层甘油. 烧结后的样品在 Gleeble-1500 机上进行热压缩,以检查热塑性. 用硬度计测量其退火后的硬度值.

2 试验结果与讨论

2.1 球磨时间对粉末形状的影响

球磨是一个对粉末不断挤压、冷焊和破碎的过程. 在球磨过程中,当球与球或球与罐壁碰撞时,捕获一定数量的粉末,碰撞力使粉末被墩粗和产生塑性变形,同时粉末还产生加工硬化并断裂破碎^[3,6]. 在球磨过程中,粉末的形态不断发生变化. 从图 1 (a)与图 1(b)可以看出,在球磨初期,粉末得到一定的细化,开始出现少许块状粉末. 在此阶段破碎占主导地位. 随着球磨时间的增长,粉末逐渐由粒状向块状变化,在图 1(c)上很少见到粒状粉末. 这期间冷焊占主导地位. 当球磨时间达 24 h 时,从图 1(d)可以看出,粉末已基本成为大片状及细小的粉粒,这主要是粉体受挤压作用所致.

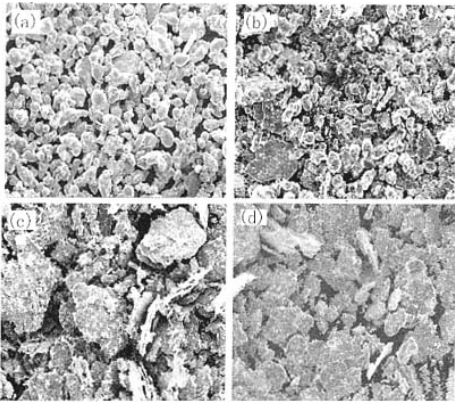


图 1 不同球磨时间(a)0,(b)2 h,(c)8 h,(d)24 h 的 SEM 照片
Fig. 1 SEM micrograph for ball-milling at different time (a)0,(b)2 h,(c)8 h,(d)24 h

从图 2 可以看出,当球磨 8 h 时,合金粉末衍射图中不存在碳的衍射峰. 结合图 1 可知,此过程是粉末由粒状变成块状的过程. 在此阶段,碳粉与铁粉在高速钢球的作用下冷焊成块状粉末. 在反复的塑性变形下,粉末内部产生了大量的畸变、空位及位错等

缺陷,这些缺陷的存在提高了粉末材料本身的自由能,为原子扩散提供了能量条件. 另外,大量高能位错的存在也为原子的扩散提供了“通道”. 单体碳粉通过扩散与铁合金粉体结合成一体,故碳的特征峰消失.

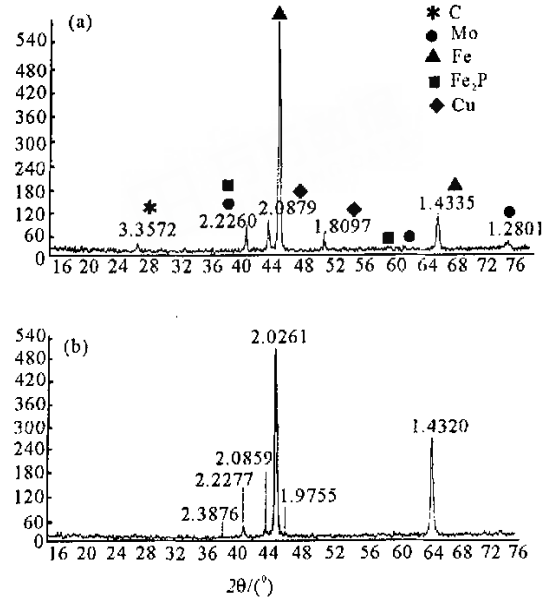


图 2 合金粉末在不同球磨时间(a)2h,(b)8h 的 X 射线衍射图谱
Fig. 2 X-ray diffraction pattern for alloy powder at different ball-milling time (a)2 h,(b)8 h

2.2 球磨时间对压坯密度的影响

由图 3 和图 1 可以看出,粒状、块状及片状粉末的压坯密度逐渐降低. 由图 3 可知,烧结前粒状粉末压坯密度随球磨时间的延长下降速度加快,而烧结后其密度是先升后降,这是由于活化烧结导致收缩率变大所致. 球磨 8 h 时,压坯可得到最高烧结密度 7.21 g/cm³,致密度为 92.6%,相比传统压制烧结的密度(6.8~7.0 g/cm³)有了较大提高. 球磨时间超过 14 h 时后,烧结密度下降趋势平缓. 继续延长球磨时间对致密度已不起作用. 试验结果表明,球磨 8 h 时即可达到最好效果. 通过烧结前后的密度比较,可知球磨时间越长产生的收缩越大.

2.3 杂质对压坯烧结体的影响

由图 4 可见,球磨 8 h 孔隙球化状况良好,孔隙小且已成球形,分布也较均匀. 但由能谱分析(图 5)可知,在不规则形状孔隙处硫、硅、锰含量明显偏高,非金属杂质影响了孔隙的球化. 因此,减少铁锰等中

间合金带入的杂质含量,可以提高球状孔隙的比例,提高烧结体性能。孔隙的球化与烧结密度的提高说明此烧结温度适宜。

2.4 粉末烧结体的热塑性和硬度

图6是烧结后试样(密度为 6.45 g/cm^3)在Gleeble-1500机上热压缩时真应力与真应变的关系,试验温度 900°C ,升温速率 5°C/s ,到温后保温1 min,变形速率 0.1 s^{-1} 。从图6可以看出,该合金流变应力不高而真应变比较大,具有良好的热塑性。

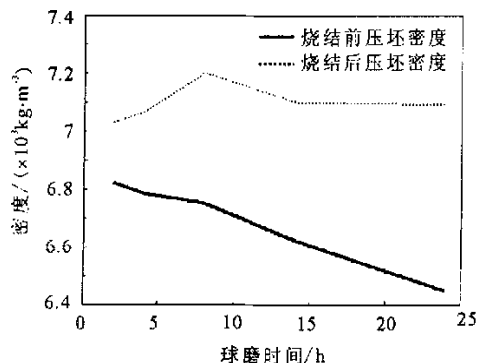


图3 压坯烧结前后密度与球磨时间的关系

Fig. 3 Relationship between green density and ball-milling time before and after sintering

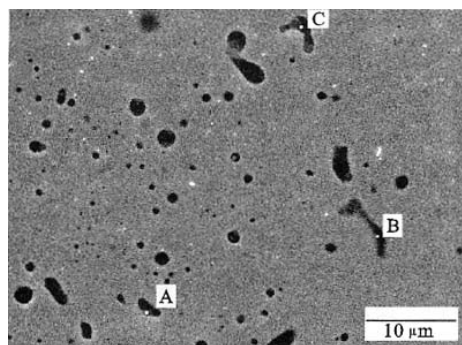


图4 球磨8 h粉末烧结体孔隙照片(未浸蚀)

Fig. 4 Micrograph for pore of powder sintered preform after 8h of ball-milling (without etching)

从铁基材料基体组织对摩擦性能的影响的研究^[7]可知,珠光体基体的耐磨性最好。因此,用退火后硬度代替耐磨性的检测。退火后的试样,经水磨与抛光后,测得其硬度 Hv5 230~240, HRC88~93。硬度值比较理想。

3 结 论

碳向铁粉中扩散是在粉末由粒状变为块状的过程中完成的。将粉末球磨8 h可使烧结体得到较高的烧结密度 7.21 g/cm^3 及致密度92.6%,同时具有良好的热塑性和高的退火硬度。该材料是一种具有良好发展前景的粉末齿环材料。

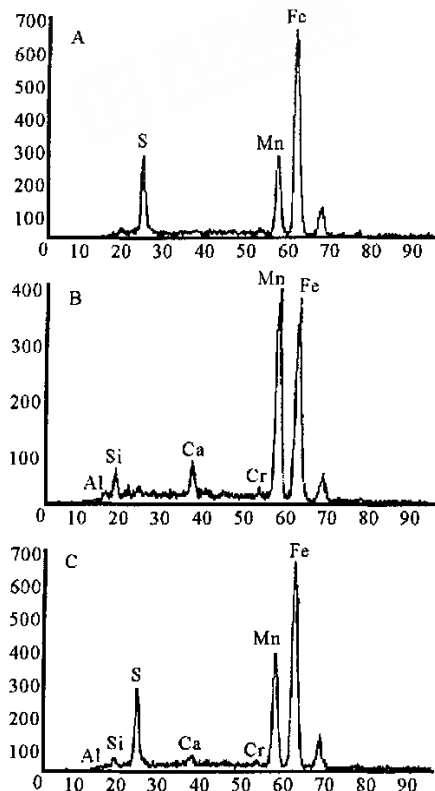


图5 SEM能谱分析图

Fig. 5 SEM of energy spectrum analysis

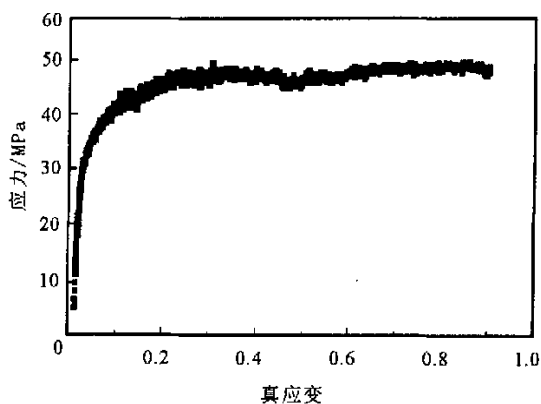


图6 热压缩应力应变图

Fig. 6 Stress-strain behavior during hot compression

参考文献:

- [1] 曾德麟. 粉末冶金材料[M]. 北京:冶金工业出版社, 1989, 16—21.
- [2] A kutsu, Hidetoshi. Synchronizer ring in speed variator made of iron base sintered alloy[P]. US Pat: 4943321. 1990.
- [3] Nakamura, Yoshikatsu. Synchronizer ring[P]. US Pat: 6261389. 2001.
- [4] 赵仲治. 粉末锻造汽车同步器齿环[J]. 汽车技术, 1993 (8): 32—35.
- [5] 易剑. 机械合金化与液相烧结制备高强韧钨合金实验研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2003.
- [6] 姚永强, 王成国. Fe-C-Ti 混合粉末的机械合金化[J]. 铁道技术, 1997, 19(4): 132—136.
- [7] 费多尔钦科 И М. 现代摩擦材料[M]. 徐润泽, 黄国伟, 译. 北京: 冶金工业出版社, 1983. 146—149.

Preparation of Fe-base powder material for synchronizer ring

LUO Yi-bing, ZHANG Sheng-hua

(School of Material Science and Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: The Fe-2Mn-2Cu-Mo-C-P powder is prepared by means of high-energy ball-milling method. The variation forms of powder and the effect of ball-milling time on green density and sintered density are studied. The result shows that after 8 hours of ball-milling the compacted and sintered powders own 7.21 g/cm³ of material density and 230—240 Hv5 value after annealing. The material is characterized by a good thermoplastic and hardness. It is suitable for producing synchronizer ring by hot powder forging.

Key words: high-energy ball-milling; ring; Fe-base powder