

文章编号:1003-7837(2000)02-0117-04

粉末冶金双联齿轮组合烧结工艺的研究

陆冠华, 黄健, 张立华, 陈少宏

(广州有色金属研究院国家钛及稀有金属粉末冶金工程技术研究中心, 广东 广州 510651)

摘要: 利用铁基粉末冶金材料在烧结过程中的膨胀和收缩特性、液相烧结以及合金元素相互扩散的原理, 对双联齿轮进行了组合烧结工艺的研究。试验结果表明, 双联齿轮的粘结强度达 235 MPa, 达到了使用要求的强度; 而且节能降耗, 劳动强度低, 产品质量稳定。该技术可用于由多构件组成的复杂零件生产。

关键词: 铁粉; 粉末冶金铁基结构零件; 组合烧结; 粘结强度

中图分类号: TF124.3

文献标识码: A

粉末冶金零件多应用于家用电器及办公设备等。办公设备上的减速齿轮都是高强工程塑料注塑而成, 其崩齿率极高。改用粉末冶金齿轮后, 克服了崩齿的现象。但是, 现有的设备难以对粉末冶金双联齿轮实行自动化成形。在国内基本上是手动压制成形, 效率极低, 稳定性差, 能耗高, 而采取分开成形、组合烧结的新工艺, 可使它能实现自动成形, 从而极大地提高了生产效率和产品质量, 同时节省人力和能耗。

1 试验方法

双联齿轮如图 1 所示, 国内基本上使用整体手动成形, 用组合阴模, 两次脱模。由于齿轮 A 部极易出现横向毛刺, 无法使用, 而且手动模具极易因操作不当而损坏。若使用组合下模冲的自动成形, 其小头部分的密度偏低, 强度不足, 冲击强度较差, 几乎无法使用。

本工艺是把图 1 所示的零件分成图 2 和图 3 两部分, 分开成形。在普通粉末专用压机上实现自动成形, 然后再装配成整体进行烧结。为了便于组装, 内外部件之间应选择合适的配合间隙。

所用的试验材料有一级还原铁粉、电解铜粉、石墨粉、羰基镍粉和 Fe-P 合金粉。将这些粉末按一定的质量比混合, 并加入 1% (质量分数) 的硬脂酸锌, 用 V 型混料机混合 90 min, 混合

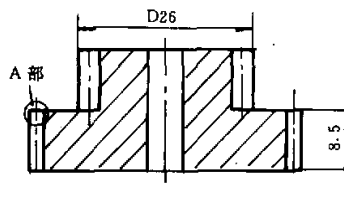


图 1 双联齿轮

Fig. 1 Double coupling gear

收稿日期: 1999-07-17

作者简介: 陆冠华 (1963-), 男, 广东信宜人, 高级工程师, 学士。

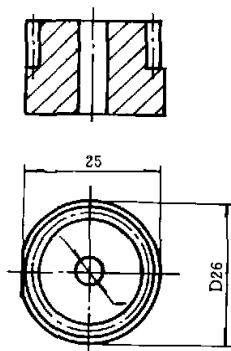


图 2 内部件

Fig. 2 Internal part

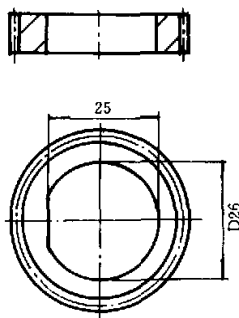


图 3 外部件

Fig. 3 External part

成不同成分的粉末分别用来压制内部件和外部件,并选择合适的装配尺寸差——装配间隙。烧结温度为 1 400 K,保温时间为 120 min. 烧结时,注意组合构件底面要垫平,以免在烧结过程中内外部件发生错位现象。

用材料拉伸试验机进行压溃试验,在 CARL ZEISS JENA 金相显微镜下观察组织,用 JICXA-733 扫描电镜观察元素扩散分布。

2 结果及讨论

2.1 内外部件配合间隙的影响

图 4 所示为装配间隙与粘结强度的关系^[1]。从图 4 可以看出,间隙越小,元素越易扩散,扩散粘结强度越高。这主要是因为 Fe-Cu 在 1 373~1 523 K 形成液相,改善了铜的扩散,活化了烧结^[2]。间隙越小,扩散速率越快。

2.2 合金元素的影响

在组合烧结中,选用内部件热膨胀大于外部件的材料,可保证在 1 373~1 473 K 高温烧结时,内外部件完全紧密接触。Fe-Cu 在 1 373

~1 523 K 时,形成液相;P 在 1 226 K 时与 Fe-C 形成共晶,在 1 326 K 与 Fe 形成共晶,进而形成液相烧结^[3],使配合面之间的元素扩散加快,合金化程度更高。根据铁基材料中添加合金元素热膨胀的影响^[1],含 P 和 Ni 的材料适合作外部件,而含 Cu 和 C 的材料则适合作内部件。图 5 为添加合金元素对粘结强度的影响^[1]。从图 5 可看出,添加元素含量越高的试件组合在一起,其粘结强度越高。

表 1 列出了不同元素含量的组合件的粘结强度。其中 1 号组合件的粘结强度以外部件收缩造成过盈为主,合金化程度低,配合面可见明显缝隙。2 号和 3 号组合件配合面之间的合金化程度高,在显微镜下只能观察到极小的配合间隙,粘结强度大幅度提高,达 235 MPa,相当于整体烧结材料的 1/2。所以,合金元素扩散是获得高粘结强度的主要因素,而通过机械装配所获

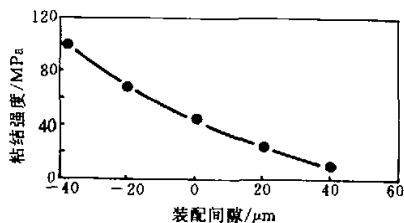


图 4 装配间隙与粘结强度的关系

Fig. 4 Relation between fitting clearance and binding strength

得的粘结强度是较小的。

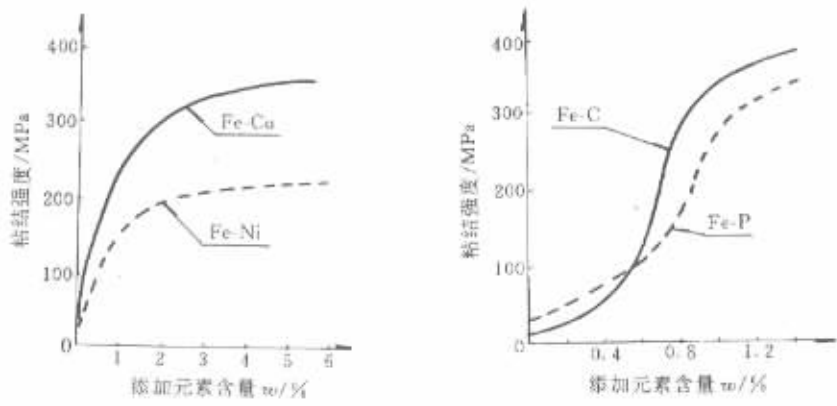


图 5 粘结强度与添加元素含量的关系

Fig. 5 Relation between binding strength and content of elements added

表 1 元素含量对粘结强度的影响(试样密度 $\rho=6.8 \text{ g/cm}^3$)

Table 1 Effect of element content on binding strength

试验号	内部件配方	外部件配方	粘结强度/MPa
1	Fe-1.5Cu-0.7C	Fe-1.5Cu-1.0C	49
2	Fe-(1~5)Cu-1.0C	Fe-(1~5)Cu-(0.5~1)C-(0.5~1.5)Ni-(0~0.5)P	235
3	Fe-(1~5)Cu-0.7C	Fe-(1~6)Cu-(0.5~1)C-(0~0.6)P	203

图 6 是 2 号组合件结合处元素扩散的显微组织。从图 6 可以看出，合金元素穿过结合面很好地扩散。图 7 是用电子探针扫描 Cu 元素的扩散状态。从图 7 可见，合金元素能够很好地扩散，并且结合处已完全粘结在一起，连界面也分不出来了。

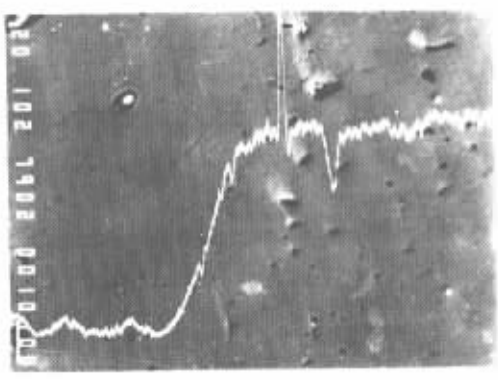


图 7 铜元素的扩散状态,1000 $\times$

Fig. 7 Diffusion state of element Cu,1000 $\times$

图 6 界面合金元素扩散情况,200 $\times$

Fig. 6 Diffusion of alloying elements at the interface,200 $\times$

对试件进行破坏性试验，从粘结面的撕裂情况也可以看出，接触好的地方，元素扩散充分，撕裂也越深，也就是说，粘结得越牢固。

综上所述,内外部件之间的粘结强度取决于两个方面:机械上的过盈配合强度;配合面之间的合金化程度。

3 结 论

(1)生产粉末冶金双联齿轮要获得高的组合粘结强度,必须选择合适的配合间隙。

(2)选用内部件材料的热膨胀比外部件材料的大,保证内外组件完全紧密接触,以利于添加的合金元素扩散。

(3)尽管组合烧结强度要比整体烧结强度低,但经工况验证,综合性能远高于实际需求(主要是粘结面的总强度高)。

(4)组合烧结工艺为多构件组成的复杂零件的生产提供了有效的方法。

参考文献:

- [1] Jun Sakai, Kazuo, Asaka. 粉末冶金扩散烧结[J]. 杨沛标译. 粉末冶金技术. 1987, 5(3), 178—179.
- [2] 黄培云. 粉末冶金原理[M]. 北京:冶金工业出版社, 1982. 326—334.
- [3] 韩凤麟. 粉末冶金机械零件[M]. 北京:机械工业出版社, 1990. 103, 153—159.

Research on the combined sintering process of P/M double coupling gears

LU Guan-hua, HUANG Jian, ZHANG Li-hua, CHEN Shao-hong

(The National Engineering Research Center for Powder Metallurgy of Titanium & Rare Metals
Supported by Guangzhou Research Institute of Non-Ferrous Metals, Guangzhou 510651, China)

Abstract: The combined sintering process of P/M double coupling gears has been studied based on the characteristics of dimension expansion and contraction during the sintering of P/M Fe-base parts and the principles of liquid phase sintering and alloying element inter-diffusion. The results show that the binding strength of double coupling gear is 235 MPa, high enough to meet the requirements of application. With reduced energy consumption, lowered labour and more stable product quality, this technique can be applied in the production of complicated parts consisting of several structural components.

Key words: iron powder; P/M Fe-base structural parts; combined sintering; binding strength