

[文章编号] 1004- 0609(2001) 03- 0438- 03

喷射成形 Zr-27Al-1Cu 合金制备滑动轴承^①

张永安, 熊柏青, 韦 强, 石力开

(北京有色金属研究总院 国家有色金属复合材料工程中心, 北京 100088)

[摘 要] 研究了喷射成形 Zr-27Al-1Cu 合金棒坯的制备技术、热挤压工艺以及 Zr-27Al-1Cu 合金滑动轴承的制备技术, 分析了喷射成形 Zr-27Al-1Cu 合金的显微组织、力学性能、耐磨性能。实验结果表明: 采用喷射成形制备的 Zr-27Al-1Cu 合金的棒坯经后续热挤压成形后, 具有比传统铸造 ZA27 合金更高的力学性能和耐磨性能。这种由喷射成形 Zr-27Al-1Cu 合金制造的滑动轴承在实际使用过程中, 其寿命比传统材料制造的滑动轴承提高 150% 以上。

[关键词] 喷射成形; Zr-27Al-1Cu 合金; ZA27 合金; 滑动轴承

[中图分类号] TG 146. 1

[文献标识码] A

铸造 ZA27 合金在许多工业场合被用作传统铸造巴氏合金和其它系列铜合金的替代材料。采用铸造 ZA27 合金制造的滑动轴承在一些钢铁生产设备上使用时, 显示了其在润滑油供给临时中断状态下工作时良好的耐磨性能, 但由于铸造 ZA27 合金的屈服强度与传统铸造巴氏合金相比并未提高, 因此在重载荷工况下, 采用铸造 ZA27 合金制造的滑动轴承与传统铸造巴氏合金滑动轴承相比, 使用寿命提高幅度不明显; 另外在铸造生产过程中容易产生重力偏析缺陷, 从而影响最终使用性能。

喷射成形技术是一种快速凝固近终成形材料制备技术^[1~ 3], 该技术的出现为在不改变合金材料基本成分的条件下, 通过材料制备技术的更新而改善材料的组织, 从而为大幅度提高一些传统合金材料的性能提供了可能^[4~ 8]。本文作者利用喷射成形技术制备了 Zr-27Al-1Cu 合金棒坯, 并对后续制备加工、使用性能进行了研究。喷射成形实验在北京某院研制的 SF-200 大型喷射成形设备上, 磨损实验在销盘式磨损实验机上进行, 材料的拉伸实验在 MTS-810 力学性能实验机上进行, 采用 NEOPHOT-2 型金相显微镜对材料组织进行观察。

1 喷射成形制备 Zr-27Al-1Cu 合金棒坯

利用喷射成形技术制备 Zr-27Al-1Cu 合金棒

坯, 具体工艺参数为: 雾化压力为 0. 6~ 1. 0 MPa, 喷射距离为 350~ 500 mm, 沉积基体旋转速度 30~ 60 r/min, 下降速度 2~ 5 mm/s, 雾化气体选用氮气。制备出直径为 $d=140$ mm、长度为 250~ 700 mm 的棒坯。表 1 给出了喷射成形工艺过程中气体质量流量与合金质量流量之比(G/M 比)对沉积坯件致密度(沉积坯件致密度测量从沉积态棒坯中心取样)、实收率的影响。实际生产中的 G/M 比选择为 2. 0, 此时沉积坯件的致密度为 92%, 但实收率却高达 66%~ 72%。

表 1 G/M 比对沉积坯件致密度、实收率的影响

Table 1 Influence of G/M ratio on density and yield of spray formed preforms

G/M ratio in spray forming	Density of preforms (practical density / theory density)	Yield of preforms (mass of preform / mass of melt)
1. 2	86%	55% ~ 58%
1. 6	90%	63% ~ 67%
2. 0	92%	66% ~ 72%
2. 4	96%	60% ~ 65%

图 1 给出了普通铸造 ZA27 合金和喷射成形 Zr-27Al-1Cu 合金挤压态的金相组织照片, 可以看出, 由于喷射成形技术所制备的材料凝固速度较快($> 10^3$ °C/s), 喷射成形 Zr-27Al-1Cu 合金的组织与传统铸造 ZA27 合金相比明显地细化, 这有利于材料获得更高的力学性能和使用性能。

① [基金项目] 国家“八六三”计划资助项目(863- 715- 009- 003)

[收稿日期] 2000- 08- 18; [修订日期] 2000- 11- 20

[作者简介] 张永安(1971-), 男, 工程师, 硕士。

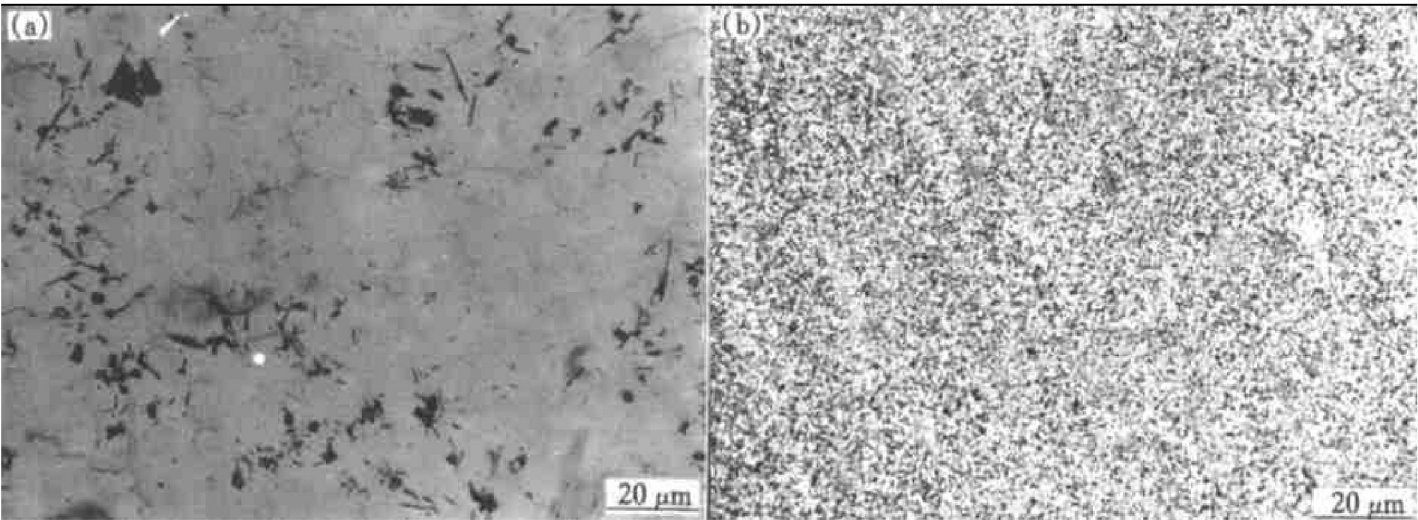


图 1 ZA27 合金和 Zr-27Al-1Cu 合金组织显微照片

Fig. 1 Microstructures of ZA27 alloy and Zr-27Al-1Cu alloy
(a) —ZA27 alloy; (b) —Zr-27Al-1Cu alloy

2 Zr-27Al-1Cu 合金棒坯热挤压工艺

将喷射成形制备的沉积态 Zr-27Al-1Cu 合金棒坯剥皮后,按照不同滑动轴承的内径尺寸要求进行穿孔,在高温下进行无缝管挤压成形。由于沉积态合金在高温下具有较强的变形能力,因此一般采用正挤压的工艺,挤压比根据不同滑动轴承的内外径尺寸要求,在 8: 1~ 30: 1 之间,均可获得致密度高于 98% 的无缝管坯。这些无缝管坯无需进行任何热处理便可获得很高的力学性能,表 2 给出了喷射成形 Zr-27Al-1Cu 合金与普通铸造 ZA27 合金的主要室温力学性能和耐磨性能的比较,其中质量磨损率测量条件为: 载荷 0. 2 MPa, 滑动速率 0. 75 m/s, 磨损时间 60 min, 对磨材料为 45 钢(HRC= 22. 6)。

表 2 喷射成形 Zr-27Al-1Cu 合金与普通铸造 ZA27 合金主要性能比较

Table 2 Comparison of properties of spray formed Zr-27Al-1Cu alloy with conventional cast ZA27 alloy

Alloy	$\sigma_{0.2}$ /MPa	σ_b /MPa	δ_{max} /%	E /GPa	Mass loss rate /(g·m ⁻² ·s ⁻¹)
Zr-27Al-1Cu	480~ 500	505~ 531	6. 3~ 8. 9	85~ 87	5. 3~ 5. 5
ZA27	310~ 320	350~ 370	2. 6~ 3. 1	83~ 85	6. 6~ 7. 1

3 Zr-27Al-1Cu 合金滑动轴承制备

将热挤压得到的无缝管坯按照最终滑动轴承的长度进行裁断,并沿轴向均匀打孔,镶入固体润滑剂。固体润滑剂的主要成分为 MoS₂ 和石墨。镶入固体润滑剂的目的是使滑动轴承在实际使用中具备

更好的自润滑性能,镶嵌数量一般要保证固体润滑剂所占的面积达到滑动轴承全部内表面的 15% 以上。在上述工序完成后,通过精密加工使滑动轴承获得最终的内径、外径、长度尺寸。图 2 所示为喷射成形 Zr-27Al-1Cu 合金滑动轴承实物照片。

4 Zr-27Al-1Cu 合金滑动轴承的使用

小批量的喷射成形 Zr-27Al-1Cu 合金滑动轴承从 1998 年已开始在某钢铁公司的板坯连铸、型材轧机上使用。通过喷射成形 Zr-27Al-1Cu 合金(SFZr-27Al-1Cu)滑动轴承与传统铸造巴氏合金、ZA27 合金滑动轴承在综合制造成本、使用寿命方面的比较可知,喷射成形 Zr-27Al-1Cu 合金滑动轴承的综合成本比传统铸造 ZA27 合金提高 110%,略低于传统铸造巴氏合金,但其使用寿命却比传统铸造 ZA27 合金提高了 150% 以上,比传统巴氏合金提高了近 180%,有利于钢铁生产企业减少设备维修及零部件更换时间,提高生产效率,同时降低总的设备零部件采购资金消耗。通过对某钢铁生产企业在一段时期内为使设备正常运转而采购不同合金滑动轴承所消耗的资金进行统计比较,发现对钢铁企业来讲,选用喷射成形 Zr-27Al-1Cu 合金滑动轴承可形成最佳的费效比。

5 结论

1) 采用喷射成形工艺生产的 Zr-27Al-1Cu 合金具有非常细小的显微组织,经热挤压成形后,具

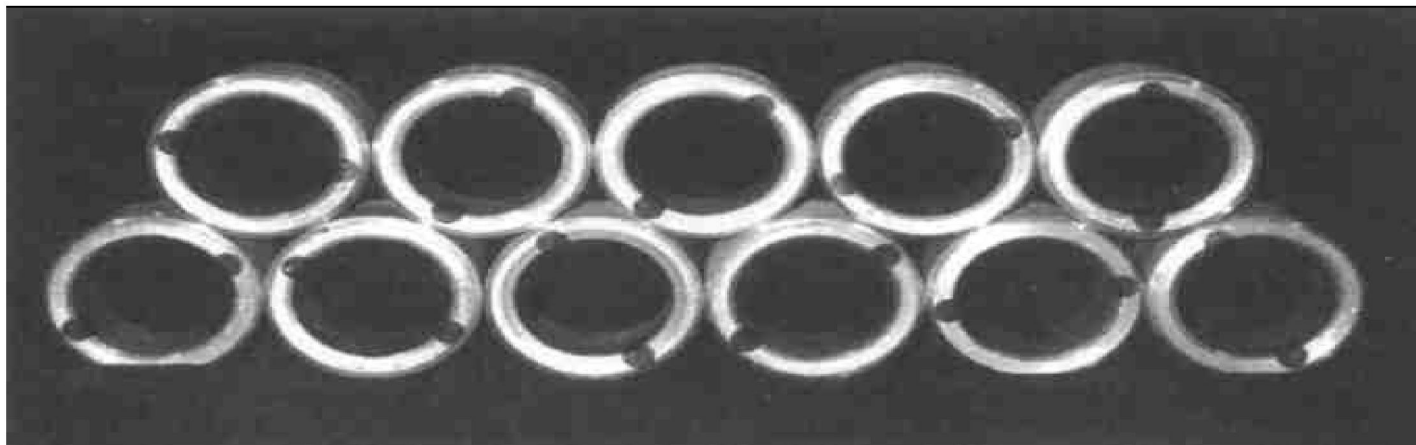


图2 喷射成形 Zr-27Al-1Cu 合金滑动轴承实物照片

Fig. 2 Photo of spray formed Zr-27Al-1Cu sliding bearing

有与传统铸造 ZA27 合金相比更高的力学性能和耐磨性能。

2) 对钢铁生产企业来讲, 选用喷射成形 Zr-27Al-1Cu 合金滑动轴承取代传统的铸造巴氏合金、ZA27 合金滑动轴承, 可获得更佳的费效比, 有利于这种新型滑动轴承产品大规模推广使用。

[REFERENCES]

- [1] Singer A R E. The principles of spray rolling of metals [J]. Metals Mat, 1970, 4(4): 246.
- [2] Evans R, Leatham A G, Brooks R G. The osprey pre-form process [J]. Powder Metall, 1985, 28: 13.
- [3] Leatham A G. Spray forming: alloys, products, markets [A]. Fourth Int Conf On SF [C]. Baltimore, USA, 1999.
- [4] XIONG Bai-qing, ZHANG Yong-an. Preparation of round billets by spray form technology [J]. Trans Nonferrous Met Soc China, 1999, 9(2): 302.
- [5] XIONG Bai-qing, ZHANG Yong-an. Preparation of tube blanks by atomization deposition process [J]. Trans Nonferrous Met Soc China, 1999, 9(3): 472.
- [6] ZHANG Yong-an(张永安), XIONG Bai-qing(熊柏青). 喷射成型过程中雾化粒滴的数值模拟 [J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals (中国有色金属学报), 1999, 9(Suppl. 1): 78.
- [7] ZHANG Yong-an(张永安), XIONG Bai-qing(熊柏青). 非稳定流动对喷射成型制备圆锭成型性的影响 [J]. Rare Metals (稀有金属), 1999, 23(3): 189.
- [8] CHEN Wen-zhe, QIAN Kuang-wu, GU Ha-chang. Fracture behavior of lamellar structure in Ti-48Al-2Mn-2Nb alloy produced by centrifugal spray depositions [J]. Trans Nonferrous Met Soc China, 2000, 10(5): 585.

Sliding bearing made of Zr-27Al-1Cu alloy by spray forming process

ZHANG Yong-an, XIONG Bai-qing, WEI Qiang, SHI Li-kai

(Beijing General Research Institute for Nonferrous Metals, Beijing 100088, P. R. China)

[Abstract] Producing process of spray formed Zr-27Al-1Cu billets, hot extrusion process and producing process of sliding bearing were studied. The microstructure, properties and wearability of spray formed Zr-27Al-1Cu billets were also studied. The results of experiments and application show that the strength of hot extruded Zr-27Al-1Cu from spray forming process is much better than those of Babbitt and cast ZA27 alloy. The durability of new type sliding bearing is 150% more than that of conventional one.

[Key words] spray forming; Zr-27Al-1Cu alloy; cast ZA27 alloy; sliding bearing

(编辑 何学锋)