

粉末冶金技术制备高性能压缩机用涡旋盘

王艳艳，吴茂永，曲华，袁讯道

(青岛中科应化技术研究院，山东 青岛 266109)

Tel: 15064882079 Email: wyongyan12@163.com

摘要: 涡旋盘作为涡旋压缩机的重要部件，它的成形技术是当今涡旋压缩机研究的热点之一。本文采用粉末冶金技术制备出一种高性能涡旋盘，该产品具有优异的室温力学性能、高温力学性能，同时具备热膨胀系数低、耐磨性好的优点，预计可提高压缩机工作效率和使用寿命。

关键词: 涡旋盘；热膨胀系数；耐磨性；粉末冶金

Preparation Of High Performance Scrolls For Compressors By Powder Metallurgy Technology

WANG Yanyan, WU Maoyong, QU Hua, YUAN Xundao
(Qingdao Zhongke Institute of Applied Chemistry Technology, Qingdao 266109, China)

Abstract: As an important part of scroll compressor, the forming technology of scroll is one of the hotspots in the research of scroll compressors nowadays. In this paper, the powder metallurgy technology is used to prepare a high performance scroll, which has excellent mechanical properties at room temperature and high temperature, has the advantages of low thermal expansion coefficient and good abrasion resistance, which is expected to improve the efficiency and service life of the compressor.

Key Words: Scroll; Thermal expansion coefficient; Wear resistance; Powder metallurgy

一、涡旋式压缩机

随着科技和生活水平的逐步提升，家电产品已成为人们生活中的必需品，但其能耗及噪音问题也逐渐成为家电领域关注的焦点问题之一。压缩机是空调、冰箱等家电产品整机耗电量最大的集中点，同时也是噪音的主要源头，因而从压缩机入手解决上述问题是各生产厂商不断改进、提高和研究的重点。

空调压缩机按不同的工作方式可将其分为往复式压缩机和旋转式压缩机。由于旋转式压缩机在容积效率、能源消耗、噪音以及耐磨性等方面要优于往复式，因此目前许多品牌的空调采用旋转式压缩机替代往复式^[1-2]。旋转式压缩机的主要机型有螺杆式、旋叶式、三角转

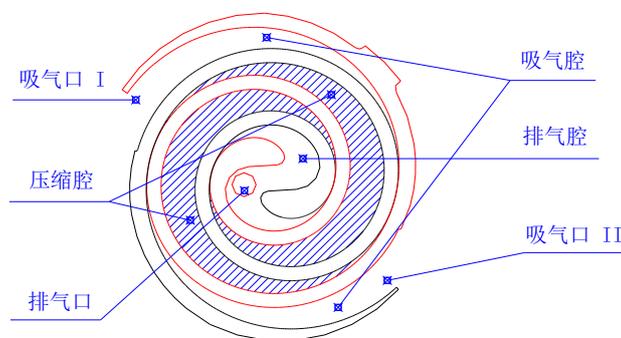
*基金项目：中国科学院长春应用化学研究所青岛研发基地条件建设一期项目（14-1-2-52-jch）；中国科学院长春应用化学研究所青岛研发基地条件建设二期项目（15-3-3-1-jch）

子式、滚动活塞式、涡旋式等。其中涡旋式压缩机同等条件下与往复式压缩机相比，容积效率提高 20~30%，绝热效率提高 10%，体积减少 40%，功率下降 10%，重量下降 15%，噪音减低 40 Bd。涡旋式压缩机由于其体积小、重量轻、噪音小、无气阀、零件少、寿命长等优点，引起了家电领域的普遍关注^[3]。

二、涡旋盘

1. 选材要求

涡旋式压缩机的核心部件由一固定涡旋盘（静盘）和一运动涡旋盘（动盘）组成^[4]，示意如图一所示。压缩机工作时，静盘沿着一圆形轨道作平面运动，即动盘一方面沿着很小的偏心距（曲轴回转半径）轨道移动，一方面与静盘接触作相对转动。实际工作时，两个涡旋盘在高温及高压下容易产生变形，互相挤压，产生磨损。因此涡旋盘须具有较低的热膨胀系数和较高的耐磨性，相应的其制备材料也应选择低膨胀系数、高耐磨的轻质材料。



图一 涡旋盘啮合示意图

2. 铝硅合金

在铝硅合金的二元相图中，室温下可形成 α 相和 β 相， α 相是微量的 Si 溶于 Al 基体中， β 相是 Al 溶于 Si 中，由于 Al 含量极其少，因此可以把 β 相直接看成纯 Si^[5]。由于硅的密度、线收缩率、热传导性等都比铝小，而其耐磨性、耐腐蚀性优于铝合金，因而铝硅合金凭借密度小、热膨胀系数小、热稳定性好、耐磨性好等优良性质成为涡旋盘制备的首选材料，并且随着 Si 含量的增加，铝硅合金的耐磨性、热稳定性、耐腐蚀性等都会得到提高^[6]。

4032 铝合金是中高硅铝合金，其具有良好的成型性能，并且在在中温下强度高、热膨胀系数小、耐磨性、抗蚀性能好，是理想的制造涡旋盘的材料。

3. 成形工艺

涡旋盘一般是通过精密毛坯机加而得，因此，涡旋盘零件毛坯的制造技术已成为涡旋盘成形研究重要方向。传统的涡旋盘毛坯是通过铸锭或棒料直接加工得来的，由于其生产效率低，进而发展出了液态模锻、挤压铸造等工艺，但是这些工艺生产效率也不高，且生产的毛坯性能不好^[7]。之后由日本学者开发出的挤压背压工艺则很好的弥补了上述工艺的不足。背压成形技术即通过在材料流动的反方向施加适当大小的力来控制零件不同部位材料的流动，最终使材料能够精确充满复杂型腔。利用该工艺生产的涡旋盘毛坯不仅机械性能优于其他工艺的产品，且生产效率高，产品质量好，达到了净成形的程度^[8-9]。虽然生产效率高，但是模具结构复杂^[10]。

我国关于流动控制成形技术的研究起步较晚，北京机电研究所对涡旋盘挤压背压成形工

作者简介：王艳艳（1988- ），女，工程师，主要研究方向为特种高性能铝合金。

艺进行了深入研究，并成功进行了小批量的生产。江苏飞船精密锻造有限公司引入日本的先进背压成形技术，能够大批量生产，其生产的涡旋盘成形质量、数量都达到了世界先进水平^[11-13]。但目前我国大部分厂家生产涡旋盘工艺与国外相比还有一定的差距，生产效率与产品质量与国外相比也有一定差距。

因此，鉴于我国家电迅速发展的需要，有必要进行涡旋盘制备新技术开发研究，以适应我国家用空调业的发展。

三、粉末冶金涡旋盘

1. 制备过程

首先将超细铝粉与硅粉及其它合金元素按比重称量后进行混合，其次将混合粉压制成型冷坯，并放在真空炉中将其烧结成一定致密度的预烧结体，再次利用上一步的预烧结体经模锻变形，消除空孔隙后可获得近终形毛坯料（如图二），最后利用机加的方式对未满足尺寸及精度要求的部位进行加工，得到最终产品。



图二 粉末冶金涡旋盘

2. 产品性能

利用粉末冶金的方法制备得到组分为 11.8Si-0.9Ni-87.3Al 的涡旋盘毛坯，对其进行了分析测试。材料 0-200℃ 的膨胀系数为 20.5×10^{-6} /K，抗拉强度达到 480 MPa，布氏硬度为 130HB，350℃ 的高温强度为 138 MPa。与 4032 铝合金相比，强度提高了 26%，硬度提高了 16.9%，耐磨性提高了近 20%。

3. 微观结构

通过金相显微镜观测第二相硅呈颗粒状，均匀细小分布，颗粒尺寸为 5 微米，远远小于常规 Al-Si 合金数十微米的树枝状微观尺寸，细小的微观结构使得材料具有理想的性能。在具有相似化学成分的铝合金，在相同加工处理条件下，粉末冶金方法得到的产品性能明显优于熔铸法。

4. 工艺及产品特点

由于铝硅合金在液态下具有良好的流动性，其生产工艺多以铸造铝合金或变形铝合金为主。与铸造及变形铝合金其相比，粉末冶金方法能够避免材料成分偏析，提高合金元素在铝基体中的固溶度，细化组织，改善其形态及分布特征，从而可显著提高材料的相关性能指标。

预烧结体在模具中变形性好，可有效降低变形抗力，冲模性好，最终锻件各方向性能一致，同时该工艺还可提高锻件的精度和模具寿命的优点。

利用粉末冶金技术可制备不同硅含量的合金，较铸造铝合金可添加更多的硅，从而降低材料的热膨胀系数。

四、结束语

通过粉末冶金方法制备的铝硅合金涡旋盘具有优异的室温力学性能、高温力学性能，同

时具备热膨胀系数低、耐磨性好的优点。此外该制备工艺可制备不同硅含量和低热膨胀系数的材料。预计该制备技术和产品通过后期的优化及应用评价研究,可在空调压缩机上获得应用,从而提高压缩机的性能和使用寿命。

参 考 文 献

- [1] 李连生.涡旋压缩机[M].北京:机械工业出版社,1998
- [2] 付丽连.涡旋压缩机生产成本管理系统的研究与开发[D].南昌大学,2013
- [3] 赵远扬.涡旋压缩机概述[J].流体机械,2002,30(9):28~31.
- [4] 查谦,查世樑.涡旋压缩机涡旋盘的精加工[J].制造工艺,2012(04):38-40
- [5] 杨泽栋.不同硅含量的高硅铝合金中初生硅形态控制技术研究[D].南京理工大学,2009,6:3~6.
- [6] 陈澜.4032 铝合金涡旋盘锻件组织性能研究[D].哈尔滨工业大学硕士论文,2011:7~8.
- [7] 刘剑锋,尹延国等.汽车空调压缩机涡旋盘挤压铸造工艺研究[J].特种铸造及有色合金,2017(37)97:9~982
- [8] 李君,薛克敏.雷达波导件精密挤压成形工艺[J].塑性工程学报,2013(20)4:1-5
- [9] Yang C, Zhao S. Precision forging of spur gear by flow control forming method [J].Australian Journal of Mechanical Engineering,2014.14(3):33-39
- [10] 尉哲,边翊,张小光等. 汽车铝合金锻件精密成形技术新进展[J].机械工人,2005,12:14~15.
- [11] 冯宝伟,胡亚军.国内外精密塑性成形技术的新动向[J].金属成型工艺,1999(17)2:7-9
- [12] 李君.复杂壳体类零件流动控制成形工艺数值模拟及实验研究[D].合肥工业大学,2014
- [13] 蔡利.未来十年国内精密锻造技术展望[J].金属成型工艺,2002(20)3:55-58