

涡旋压缩机核心零部件生产制造技术攻关成果转化与应用案例

贾超飞

佛山市顺德区梁銓琚职业技术学校 广东佛山 528300

摘要: 本文以职业教育产教融合为背景, 聚焦涡旋压缩机核心零部件生产制造技术的攻关与成果转化。青年匠才工作室联合初创企业, 针对无油涡旋压缩机动盘、静盘高精度加工难题, 通过优化加工工艺的创新举措, 突破技术瓶颈, 成功将零部件轮廓精度控制在 0.012mm 以内。成果转化后, 产品实现国产化替代, 推动企业产值三年内突破千万元。项目凸显产学研合作在技术创新中的核心作用, 通过校企协同解决企业痛点, 助力行业技术升级。未来将推进自动化夹具与毛坯形态优化, 进一步提升生产效率, 为深化产教融合、服务区域产业高质量发展提供实践范例。

关键词: 职业教育; 产教融合; 校企合作; 技术攻关; 涡旋压缩机; 成果转化

1 成果背景

党的二十大会议精神及《职业教育产教融合赋能提升行动实施方案(2023—2025年)》等职业教育重要文件, 均对职业教育在深化产教融合、精准服务企业方面提出了新要求。同时也鼓励教师参与企业实践活动, 即使了解企业最新动态、学习企业实践应用中的新知识、新技术等。鼓励教师通过研发项目、跟岗访学等方式推动校企合作, 推动教师队伍建设、解决企业难题。

国内初创型实体中小企业作为经济发展的重要力量, 在推动经济增长、促进就业和引领创新方面发挥着关键作用。然而, 这些企业由于技术和管理能力的不足, 难以吸引和留住高素质的人才。为了克服这一难题, 一些企业正积极与高校、研究机构和其他企业建立合作关系与联盟, 通过技术研发、技术攻关等项目来提升自身创新力和研发力。拓宽人才道路, 进而共享人才资源和技术创新成果。

2 转化主体

青年匠才工作室依托顺德梁銓琚职业技术学校, 自成立以来, 一直专注于技术的创新、人才的培养以及企业生产的难题。汇集了 6 名高级技师、10 名技师。培养出 1 名世界技能大赛金牌得主、2 名全国技术能手、10 名全国竞赛冠军; 同时也为当地企业提供 13 项技术服务, 获 3 项市级科技奖, 8 项专利。形成了一个集科研、创新与高技能人才培养的平台。

该企业作为国内 2021 年成立的新型初创企业, 其设计的无油涡旋压缩机, 因其简单独特的结构设计, 使得其具

有体积小、重量轻、噪音低、无油、无水、高效高纯度的空气压缩的特点。并且该企业首次将此技术引入医疗领域, 具有划时代意义。同时也为制药、航空航天、食品、化工制造等应用商提供了一个替代传统的活塞, 隔膜, 叶片的新技术。

3 主要做法

无油涡旋压缩机是通过, 两个涡盘(动盘和静盘)在相对运动中, 螺旋线之间的间隙变化, 来实现空气压缩的, 其最小间隙范围为 5 微米到 8 微米之间。这种高质量的运动要求, 不仅需要极高的尺寸精度、涡旋线的轮廓度, 还需要极准确的位置精度。以 CG0024A-B00 型号的 24L 流量的压缩机为例, 其涡旋线轮廓壁厚要求为 $2 \pm 0.008\text{mm}$, 其轮廓度要求为 0-0.012mm, 三个轴承孔位的位置精度在 0-0.01mm 以内。生产出高质量、高精度的动盘、静盘成为了企业的最大痛点和难点。

在了解到企业的痛点和难点之后, 我们首先着手对涡旋压缩机的动、静盘的加工过程进行了深入的调查与分析。基于这一调查与分析的结果, 我们进一步针对涡旋加工工艺过程制定了详细的技术攻关方案。该方案的主要攻关内容包括如下几点:

3.1 生产环境与生产设备的改进和优化:

针对动、静盘产品中型线轮廓度 0.012mm 的精度要求, 在日常生产环境与常规加工设备上面很难保证产品的加工精度与稳定性。我们结合公司的实际情况, 重新购买了自动化程度更高、精度更好的高端数控进口机床, 其设备加

工精度为 0.002mm。为确保高端数控机床的性能和精度，为其设立了独立的设备空间与防振沟，同时，我们还确保了设备能够在 24 小时内维持稳定的工作环境，其中温度保持在 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的范围内，湿度则控制在 $50\% \pm 10\%$ 之间。

3.2 加工材料的改进：

以型号为 CG0024A-B00 的 24L 流量的压缩机的静盘为例，其生产过程中需要将一块约 460 克的铝合金毛坯去除到最后约 90 克的重量，去除率大约在 80% 左右。在这么大的材料去除率上面来说，势必会涉及到材料内应力的释放与材料的变形。于是我们充分结合了不用材料的力学性能和变形问题，然后配以不同的时效处理方案。经过反复多次的尝试，最终在多种牌号的铝合金材料中，找到了变形量了最小的 7075 铝合金型材。最终将其变形量控制在 0.003mm 以内。

3.3 对工装夹具的优化和设计：

在加工过程中，我们发现不同的装夹方式对产品加工过程中的形变、加工效率及稳定性有着显著影响。为此，我们精心设计了针对每一道加工工序的专用夹具。从夹具的设计理念出发，历经实际加工使用、修改优化等多个环节，经过多次反复尝试与调整，最终确定了各道工序的专用夹具。这些专用夹具不仅能确保产品在尺寸精度和形位精度上达到要求，还能将产品的变形量降至最低。

3.4 对加工过程中刀具的优化和设计：

对加工质量起决定性作用的另一个重要因素是加工时所选用的刀具。以型号为 CG0024A-B00、流量为 24L 的压缩机静盘为例，其涡旋线轮廓的加工深度达到 23mm，而轮廓中的最小圆弧半径仅为 5mm。这一特性要求刀具的切削刃长至少为 25mm，且刀具直径必须小于 5mm，即切削深度接近刀具直径的 5 倍。这种极高的径深比会严重影响刀具旋转时的动平衡和切削性能。因此，我们采用了定制特殊材料的 4.8mm 倒锥形式刀具。此外，该刀具在出厂前已根据我们的切削转速参数进行了动平衡修正，以确保切削尺寸的精确度和轮廓壁的垂直度。

综合以上情况，结合设备、材料与工装夹具以及刀具的优化和选择，我们在生产工艺上也做了很多的优化环节，首先是材料是时效处理，减少材料的变形量。其次，改一次成型的单道工序变为：粗加工 - 时效处理 - 半精加工 - 时效处理 - 精加工的分段多工序生产，加强中间环节的质

量检测过程。

技术方案确定之后，工作室团队携手该企业的技术人员，共同投入到样件的试制工作中。经过多次的迭代与优化，我们最终成功研发出了满足要求的涡旋压缩机核心零部件样件。紧接着，团队对这些样件进行了全面而严格的性能测试与验证，以确保其性能指标完全符合设计标准。

4 转化成果

自 2021 年初起，工作室与该企业合作开展无油涡旋压缩机的生产工艺研究。经过团队半年多的不懈努力，成功突破了涡旋压缩机核心零部件的生产技术瓶颈，实现了完全自主掌控，产品质量远超国内外同行，打破了国外在该领域的垄断地位。

以 GC0015A-B00 产品为例，其总重量仅为 515g，体积小巧，相当于一个 400ml 矿泉水瓶大小，但额定排气量高达 15L/min。与国外品牌相比，其性能更胜一筹，成功实现了国产化替代。将这款新型涡旋压缩机应用于家用制氧机后，制氧机的整体性能得到了显著提升。与以往同等流量的产品相比，能耗降低了约 60%，噪音降低了 70% 以上，体积也缩小了大约 60%。

该涡旋压缩机的衍生品——富氧发生器，配合企业生产的微压富氧仓，一经推出深受广大消费这的喜好，该系列产品极大的推动了公司的快速发展。使得公司从成立之初的零产值，三年内迅速实现了千万产值的增长。

5 经验总结

通过本次技术攻关项目，工作室与该企业共同积累了宝贵的经验，为今后的科技成果转化提供了有益的借鉴。

5.1 关键要素：

产学研是科技创新的重要途径：该企业在技术攻关过程中，积极与职校、科研机构等开展产学研合作，借助外部力量提高技术创新能力。这种合作模式不仅有助于企业快速掌握先进技术，还能推动科研成果的转化和应用。

技术创新是核心：工作室团队根据生产流程及加工工艺的具体要求，对各生产环节进行了深入细致的分析，并在此基础上创新性地重新设计了每道加工工序的专用夹具。这些专用夹具的科学合理设计，极大地提升了产品的加工精度和生产效率，成为此次项目取得成功的关键核心要素。

细节的极致追求：每个生产步骤和加工工序都需要精心雕琢，以 GC0015A-B00 产品中的静盘加工为例，该零部

件的加工大致包含五道工序。前一道工序的尺寸和形位加工精度会直接影响后一道工序的加工质量。如果前一道工序加工不准确,可能会导致零件无法正确安装到下一道工序的夹具上。在整个零件的安装过程中,都需要确保工件的稳固安装以及夹持力度的恰当且均衡分布,这是对细节的精准把控。这些细节的把握对于整体生产质量和效率而言至关重要。

5.2 不足之处:

当前的生产方式主要依赖于人工进行工件的装夹与锁紧,这种方式更适合中小批量的生产任务。然而,这一生产方式对操作人员的技能要求极高,若操作不当,工件在夹紧时可能会受力不均,导致加工后产生较大变形,最终使产品成为废品。此外,零件的起始形态为圆柱型毛坯。为了将其加工成符合标准的合格产品,需要削减大量材料,这不仅造成了材料的浪费,还增加了加工的难度和所需时间。同时,半成品还需经历时效处理,这一过程同样耗时较长。

5.3 未来改进的措施

为了更好的提升生产效率和成品率,我们接下来将:发自动化程度更高的工装夹具,在现有的基础上对其进行自动化升级,进而进一步优化生产工艺。这将有助于减轻对操作人员素质的要求,同时提升产品的生产效率和成品率。其次,改变初始毛坯的形态。通过采用锻造或铸造的方式,我们可以直接制得产品的半成品状态。这样做可以减少材料和加工时间的浪费,缩短时效处理的时间,从而进一步提升生产效率。

6 应用推广

在梁録琚职校深化产教融合、强化教师教科研能力的背景下,工作室团队在技术攻关与项目研发领域取得了显著成果。这一合作模式不仅充分发挥了职教师资在研发方面的优势,还有力地推动了当地企业的发展。作为大湾区产教联盟的理事单位,我校的青年匠才工作室受邀在产教联盟大会上,向 80 多所联盟企业介绍了我们的合作模式,并分享了工作室在科研成果和技术攻关方面的成功案例。与广东新宝电器、广东恒基金属、佛山盛辉、广州诚创等多家公司签订了产学研合作协议。2023 年,工作室依托创新创业大赛的平台,与吉洪茂的合作项目成功实现了成果转化,并在“创客广东”大赛的创客组中脱颖而出,荣获 50 强称号。这些成就不仅展示了工作室在产教融合方面的积极探索与实践,也为未来更深层次的合作奠定了坚实基础。

通过本次项目的实施与成果的应用推广,青年匠才工作室与该企业不仅实现了技术的突破与升级,还共同推动了行业的进步与发展。展望未来,工作室将不断深化产学研合作关系,为企业赋能,助力其持续发展壮大。同时,工作室也将加强技术创新与人才培养工作,为区域产业的发展贡献更多的智慧与力量,推动其迈向新的高度。

参考文献:

- [1] 葛君,梁瑞馨.强化产学研合作促进科研成果转化应用[N]. 济南日报,2025-01-17(003).
- [2] 包世萍.高职校企合作技术培训实践与研究[J]. 无锡职业技术学院学报,2021,20(03):7-10.

作者简介: 贾超飞(1990-07),男,汉族,河北省,职称:讲师,学历:本科,研究方向:机械设计与制造。