

# 法兰加工智能化生产工作站搭建及产品 SEM 分析与力学性能测试

芦晓燕 葛 寒

忻州职业技术学院 山西忻州 034000

**摘 要:** 当前大量法兰生产企业仍主要采用传统的人工操作方式, 存在生产效率低、产品质量差、盈利能力弱等问题, 急需利用虚拟数字技术, 通过生产线的智能化改造来优化生产流程。本文介绍了某法兰生产企业的智能化生产工作站搭建流程, 以及法兰锻件的微观组织分析与力学性能表征。该企业通过对法兰加工生产线的智能化改进, 显著提高了生产效率, 同时降低了人工成本、原材料成本、运输成本和管理成本, 为法兰产业的转型升级指明了方向。

**关键词:** 法兰加工; 虚拟数字技术; 智能化; 转型升级

当前, 众多法兰生产企业面对着多重挑战, 包括人才短缺、管理模式陈旧、生产质量不尽如人意, 盈利水平低等问题。这些企业大多仍然依赖传统的人工操作方式, 难以满足数字化和智能化的需求。在生产现场, 数据呈现分散和孤立的特点, 难以形成完整的数据链条。此外, 缺乏完备的智能决策支持系统, 无法基于实时数据做出智能决策。因此, 急需提升产品质量和生产效率, 以确保企业的生存, 同时积极进行转型升级以谋求更长期的发展。

随着信息技术的飞速发展, 虚拟数字技术已在各领域广泛应用。虚拟仿真能够模拟和优化设备和生产流程, 提前识别潜在风险和缺陷, 从而精细化生产过程。本研究以某法兰生产企业的实际情境为基础, 运用虚拟数字技术构建了一套法兰智能化生产工作站, 模拟了法兰锻件从原材料到成品再到包装的智能化工艺流程。通过对生产成本、产品质量、生产效率等参数的精确分析和优化, 为企业提供了一个可行的智能化生产改革方案。

## 一、法兰锻件微观 SEM 图像分析与力学性能测试

### 1. 法兰锻件的 SEM 分析

图 1 为扫描电子显微镜得到的法兰锻件的微观 SEM 图像, 图中可以清晰看到白色颗粒状碳化物大部分沿晶界析出, 且碳化物的颗粒比较细小紧密。工件的组织主要为马氏体和弥散分布在马氏体基体之上的合金碳化物。图 2 为放大的 SEM 图像, 图 3 为 EDS 能谱图。白色颗粒以含 Fe、Cr 的碳化物为主。这是因为一方面残余奥氏体提供了比较大的驱动力, 使得残余奥氏体进一步向马氏体转变, 另一方面, 铁的晶格发生收缩, 使得固溶在铁的晶格之中合金原子析出的驱动力增加, 由于低温下扩散比较困难, 扩散距离小, 所以细小的合金碳化物的形式析出。

微观结构的改良使得法兰件的强度得到提升, 晶粒越细小越紧密则硬度和强度越高。

### 2. 法兰锻件的力学性能分析

图 4 为使用维氏硬度计测得的法兰样件的硬度值曲

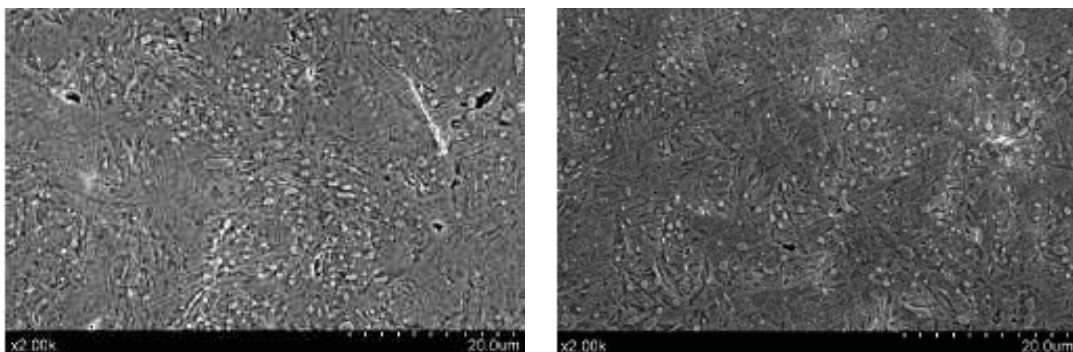


图 1 法兰微观 SEM 图像

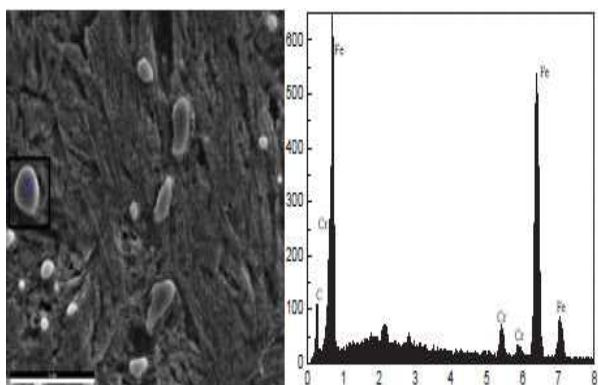


图 2 SEM 放大图像

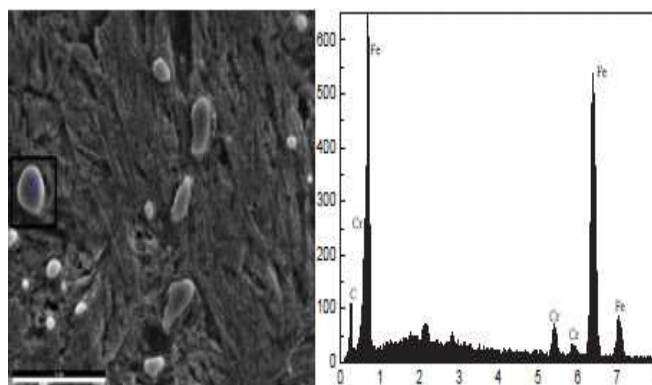


图 3 EDS 能谱图

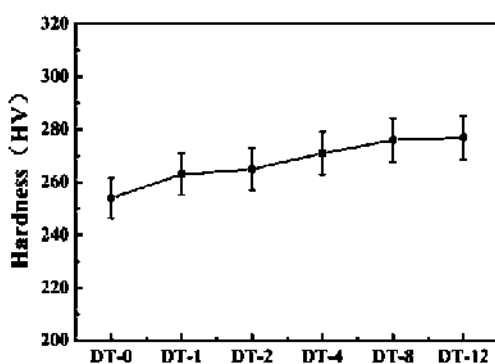


图 4 硬度曲线

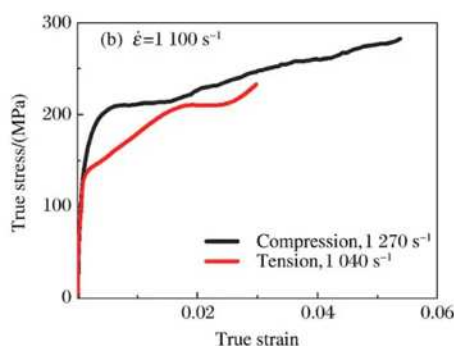


图 5 拉压曲线

线图。样件的硬度均达到了 250HV 以上，最高达到了 276HV。因法兰样件的硬度较高，车床加工时应使用强度较高的合金车刀。图 5 为使用拉压试验机测得的法兰样件的拉压曲线，法兰件的强度得到提升后，可以对法兰的尺寸进行了优化，经过强度分析，在满足使用工况的条件下法兰边缘厚度可以由 37mm 减小至 33mm，壁厚可以由 25mm 减小至 22.5mm，从而可以降低材料成本。

## 二、原人工装夹生产工艺流程

该企业当前仍采用传统的人工装夹生产工艺流程，某  $\phi$  800 的法兰生产工艺过程如下：

铸造生产后的毛坯件使用航车将其放置在车床卡盘上，装夹完成后启动车床。执行工序 1- 工序 4，根据工艺要求，车上平面、外径、内径和止口。

工序 1: 车上平面, 控制进给量, 保证片厚 40、平面度 0.1。

工序 2: 车外径至中  $800 \pm 0.5$ 、倒角  $2 \pm 0.2 \times 45^\circ$ 。

工序 3: 车内径至中  $628 \pm 0.3$ 。

工序 4: 车止口, 控制直径中  $710+0.3/0$ 、深度 9.2-0.2/-0.5、R4、 $3.5 \pm 0.2 \times 45^\circ$ 。

车削完成后人工将工件翻转，装夹，执行工序 5- 工序 7，控制总高及车下平面和外轮廓。

工序 5: 车平面, 控制总高  $107.8 0/-0.3$ 、保证平行度 0.3。

工序 6: 车下平面, 控制片厚  $37+0.5/0$ 、R14。

工序 7: 车外轮廓, 控制咀外径中  $678 \pm 0.3$ 。

以上工序完成后人工使用叉车将工件转运到钻床加工车间，6 个工件为一组。人工将车削完成的工件装夹在钻床上进行钻孔，钻孔完成后将工件转运到防锈涂油保护和质检车间，对工件进行涂油保护处理和人工质检，质检合格的工件六个为一组打包，法兰的加工流程完成。

人工车削加工工件，平均每个工件需要 5 个工时，2.5 个人力完成。未改造之前每一台车床和钻床都需要一名工人进行操作，且车床和钻床以及质检分布在不同的加工车间，每个车间之间工件需要人工使用叉车转运，而且车削、钻以及涂油和质检均为人工上下料，因此人工成本以及运输成本比较高。

## 三、智能化仿真工作站搭建

依据该企业  $\phi$  800 的法兰工艺卡生产工艺过程，对设

备的选型和配比做了分析和测算,车削选择数控立式车床,钻削选择数控立式钻床,根据测算一个工作单元设备配比为三台车床配一台钻床。根据机械臂抓取情况和法兰件生产工艺流程,对设备的布局进行分析布置,将车削加工、钻孔、涂油和质检等工序均集中在同一工作单元,且由机械臂替代人工、航车和叉车,布局如下图6所示。

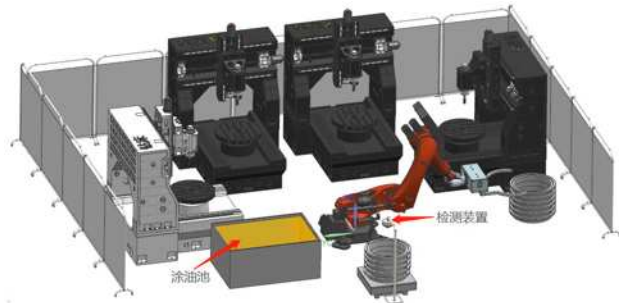


图6 改造后法兰加工布局图

改造之后对法兰工件进行加工只需一名工人观察所有工序都正常运行即可,无需过多的人工干涉。依靠机械臂前端的视觉系统和传感装置,可以精准将工件进行定位和抓取并放置在车床和钻床旋转工作台的合理加工位置。在执行完工序1-工序4之后,车床与机械臂之间进行通讯,对工件进行翻转和重新装夹,继续执行完工序5-工序7之后,机械臂将车削后的工件夹取至钻床,进行钻孔。以上步骤加工完成后机械臂夹持工件进行涂油保护处理,然后通过视觉检测系统检测合格后将工件6个为一组打包,完成法兰工件的加工。

使用机械臂进行法兰工件的加工,提高了生产效率,大大节约了人力成本,平均生产一个工件需要3个工时,0.5个人力,所有的加工环节均不需要人工过多的干涉,工人只需观察所有设备均正常运行即可,一名工人至少可以同时监视2套加工设备的运行。

#### 四、智能工作站搭建前后效率与人工成本比较

执行工序1-4时间大概为25分钟,工序5-7大概20分钟,钻孔需要8分钟,机械臂进行一次装夹需要6-9分钟左右。在车床1装夹完成之后,机械臂继续执行车床2和

车床3工件的装夹工作,装夹完需要23分钟,剩余时间不足以完成第四台车床工件的装夹,机械臂继续运动到车床1的位置时共费时24分钟左右,下一步进行车床1工件的翻转,翻转完成后总共耗时31分钟,下面再对车床2和车床3的工件进行翻转,最大限度调用机械臂和加工设备,使机械臂的空闲时间缩短至最小。因此采用三台车床搭配一台钻床的方式进行法兰工件的加工。

使用机械臂生产工时从5个工时提高到了3个工时,提高了40%;人力成本从2.5个人力成本降低至0.5个人力成本,降低了80%。其中通过合理排布车床、钻床以及毛坯件的位置,降低管理成本和运输成本约7%。

#### 五、总结

随着法兰产业的升级与设备智能化需求不断增长,虚拟数字技术在该领域的研究和应用愈发显得至关重要。虚拟数字技术具备显著的潜力,有望有效提升法兰产业设备的智能化水平,从而提高生产效率和产品质量的可靠性。本文以某法兰生产企业的真实情境为基础,详细介绍了智能化生产工作站的构建流程,同时对法兰锻件的微观组织进行了深入分析,探讨了其力学性能表现。这一研究阐明了虚拟数字技术在法兰产业智能化生产加工领域的显著潜力和优势,为推动法兰产业的升级与转型,实现高效、智能和可持续发展指明了方向。

#### 参考文献

- [1] 李宇,马连祥.全屋定制家具智能化生产方式的探讨[J].林业机械与木工设备,2021,49(02):49-52+57.
- [2] 芦红霞,周成侯,李志远.智能制造车间实训柔性制造系统方案设计[J].机电工程技术,2021,50(09):165-169.
- [3] 彭飞,马志.基于SLP和Plant Simulation的车间工艺布局设计研究[J].现代制造工程,2019(09):28-36.
- [4] 樊娜娜,张臣.基于智能制造的航空法兰类零件在线检测技术应用[J].工具技术,2023,57(03):130-133.
- [5] 吴冠英.法兰自动加工生产线加工程序的开发与研究[D].兰州理工大学,2012.