

# 检维修阀门再制造工艺探究

蔡奇 杨帅

浙江挺宇流体设备股份有限公司 浙江温州 325000

**摘要:** 本文介绍了检维修阀门再制造工艺流程以及表面技术作为再制造的关键工艺所发挥的作用, 通过采用合理、先进的再制造工艺, 不仅再制造阀门性能及寿命都将优于原阀门, 且在节能、节材、降低成本等方面都会得到明显效果, 效益非常巨大, 在拉动经济增长、推行低碳制造及企业增效等方面都将发挥重要作用。

**关键词:** 检修阀门; 再制造工艺; 表面技术

## Exploration of Remanufacturing Process for Overhauling Valves

Cai qi Yang shuai

Zhejiang Tingyu Fluid Equipment Co., Ltd, Wenzhou 325000, Zhejiang, China

**Abstract:** This article introduces the remanufacturing process flow of inspection and repair valves, as well as the role of surface technology as a key process in remanufacturing. By adopting a reasonable and advanced remanufacturing process, not only will the performance and lifespan of remanufactured valves be better than the original valves, but also significant results will be achieved in energy conservation, material conservation, cost reduction, and other aspects. The benefits are very huge, which can drive economic growth. The promotion of low-carbon manufacturing and enterprise efficiency enhancement will play an important role.

**Keywords:** Overhauling Valves; Remanufacturing Process; surface technology

### 引言

阀门的品种和规格相当繁多, 有着截断、调节、分流、稳压、溢流等丰富的功能, 是具有应用广、需求大等特点的重要压力管道元件。以石油化工装置为例, 一个装置往往就需要几千甚至上万台阀门之多, 阀门的投资费用占管道材料总费用的 50% 以上, 而管材费用约占项目总投资的 15%~20%, 可知阀门的投资费之大。然而长期以来, 很大一部分在检维修期间产生的坏旧阀门都是直接以旧换新, 或是检修后性能和寿命达不到预期要求, 造成非常大的资源浪费。若采用合理、先进的再制造工艺, 在节能、节材、降低成本等方面都会得到明显效果, 效益非常巨大。

### 1 检维修阀门再制造工艺流程

阀门再制造是基于坏旧阀门资源循环利用的制造模式, 运用现代先进的制造、信息、数控及自动化等技术, 对坏旧阀门进行可再制造性评估、拆卸以及创新性再设计、再加工、再组装, 使其功能、性能、环保、经济及安全性不低于原型新阀门水平的过程。阀门再制造工艺流程见下图 1 所示。

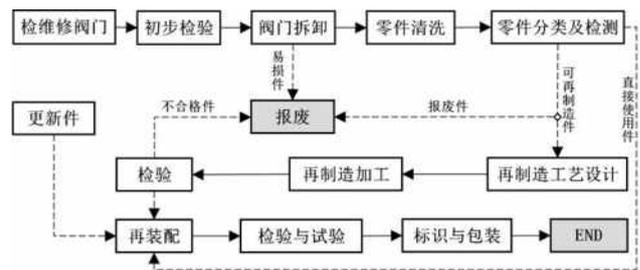


图1 阀门再制造工艺流程

检维修阀门再制造工艺流程主要包括对坏旧阀门的初步检验、拆卸、清洗、分类、检测、零件再制造工艺方案制定、再制造加工与方案实施、再装配、检验与试验、标识、发货等。

#### 1.1 初步检验及拆卸

检维修阀门在拆卸前, 对阀门的整体外观进行检验并做好相关记录存档, 包括壳体的整体外观、阀体的连接法兰、阀杆外表面、阀芯密封面等部位。启闭阀门检验其操作性, 压力试验确认其密封性的损坏情况。初步检验对检维修阀进行可再制造评估, 对满足要求的阀门, 则可进行拆解。根据阀门的具体情况选择不同的拆解工艺, 如中法兰紧固件已完全锈死, 阀杆弯曲超过取出填料函最大程度, 则只能通过切割等方式进行切断处理; 若螺纹生锈情况不是很严重, 则可使用除锈剂进行润滑, 扳手配合震动、加长杆等方式拆卸。

#### 1.2 零部件清洗、检测及分类

拆解后的零部件根据不同的性质选择不同的清洗工艺,

清洗后表面无污物, 阀体、阀盖、支架等铸件可进行抛丸清理, 清洗过后, 对零部件进一步进行评估、检测, 根据检测结果将零部件进行分类, 大致可分为报废件、直接使用件和可再制造件三类。第一类, 对无法挽救的零部件采取报废处理, 如严重变形或存在较大缺陷且不能再制造的零件、受腐蚀或冲蚀导致大面积壁厚小于相关设计标准最小壁厚的壳体等; 第二类, 对外观、尺寸、形位公差都符合技术规范 and 性能要求的零件分类为直接使用件, 做好标识和记录, 入库待再装配使用; 最后一类为满足可再制造的零件, 对可再制造的零件, 制定再制造方案, 确定工艺设备、工艺参数、热处理等要求。

### 1.3 再制造工艺方案制定

检修阀门虽然种类繁多, 但可再制造件, 主要包括壳体(阀体、阀盖)、阀杆、阀座与阀芯等零件。首先, 阀体、阀盖作为阀门的承压壳体, 直接承受腐蚀或冲蚀, 若壳体表面有裂纹、腐蚀等缺陷, 深度超过其壁厚的 20% 或 25mm, 在补焊后需要进行消除焊接应力处理。接着是阀座和阀芯组成的密封副, 阀门在管道上的密封能力完全是由密封副的密封性决定的, 密封副的耐磨材料和工艺的选用是硬密封阀门最关键的技术之一, 需要考虑工况的压力、温度、腐蚀性、介质硬度等因素。密封副往往会受到高温、高压、腐蚀和磨损等因素的影响而造成损伤, 一般采用堆焊、喷焊、超音速喷涂、热喷涂等工艺恢复到原尺寸, 让其具有更高的耐磨、耐腐蚀和耐高温等特性。阀杆作为启闭件, 是阀门的关键零件, 负责控制阀门的启闭及流量的调节。阀杆通常是由不锈钢或其他合金材料制成, 具有较高的耐磨性和强度。在使用过程中, 阀杆也会出现磨损、腐蚀和疲劳裂纹等问题, 导致阀门的操作不灵活或者完全失效。可以采用激光熔覆技术对阀杆表面加固和修复, 表面也可进行 PVD、化学镀等工艺, 提高使用寿命和操作可靠性。

### 1.4 再装配及检验与试验

再装配工作对产品质量有直接的影响, 必须按照原型阀门的装配工艺和相关规程, 将直接使用件、再制造后零件及更新件(包括密封圈、垫片、填料等易损件)重新进行装配, 装配过程需要按相应装配工艺要求进行书面及照片形式的记录。组装后应按照技术协议上规定的标准进行检验与试验, 如 API598、API6D、GB/T26480、GB/T26481 等, 根据不同阀型及工况, 项目包括: 外观、尺寸、材料等检验; 压力(壳体强度、上密封和密封)、逸散性、流通能力、性能、特殊性能等试验, 以检验再制造阀门是否满足设计要求和是否达到相应的产品标准所规定的质量要求。

## 2 再制造中的表面技术

在上述再制造工艺方案制定中, 不难看出再制造的关键工艺在于表面技术, 不管是壳体、密封副, 还是阀杆的修复和强化, 都需要运用到表面技术。使用合理的表面技术, 能有效地提升零件表面的耐磨、耐蚀、耐热和抗疲劳等特性, 使其拥有更长的使用寿命和更稳定的安全性能。表面技术是利用各种工艺手段来改善表面组织结构或性能, 或在工件表面制备一涂层或膜层的技术, 包括表面涂覆、表面处理和表面改性三大类。表面处理技术是改变表面组织结构, 如抛丸、滚压等表面形变强化, 等离子束加热、激光加热、高频淬火等表面淬火和豪克能等表面纳米化加工。表面改性技术, 顾名思义改变表面化学成分, 如渗氮、渗碳、碳氮共渗等化学热处理技术, 氧化、磷化、钝化等转化膜技术。在再制造中表面涂覆技术应用最为广泛。

### 2.1 表面涂覆技术

表面涂覆技术是在零件表面制备一层涂层或膜层, 以满足工件耐磨、耐蚀、抗疲劳等性能要求。表面涂覆技术包括种类非常多, 阀门再制造中有镀铬、化学镀镍磷 ENP、物理气相沉积 PVD、热喷涂(火焰、等离子喷涂、超音速火焰喷涂、特种喷涂)、堆焊(等离子弧堆焊、氧乙炔焰堆焊、埋弧自动堆焊)、激光熔覆、黏涂和涂装等。下面介绍两种新型、先进的现代表面涂覆技术。

### 2.2 超音速火焰喷涂

超音速火焰喷涂又名高速氧燃料火焰喷涂, 其基本原理以图 2 超音速火焰喷涂示意图为例, 通过燃料(煤油)与助燃剂(氧气和压缩空气), 因煤油和氧气都是非自燃物质, 故喷枪内设有电点火系统, 将其点燃, 点燃后喷枪中燃烧产生高温高速火焰, 其火焰流速度可达到音速的 5-6 倍, 燃烧温度高达 3000℃, 所以需冷却系统对枪体进行强制冷却。同时送粉系统将喷涂粉末送进喷枪焰流, 粉末粒子被加热至熔化或熔化状态被加速到超音速后, 高速撞击在工件基体上, 经过沉积获得高质量的致密涂层, 其结合强度优于传统的普通火焰喷涂和等离子喷涂。

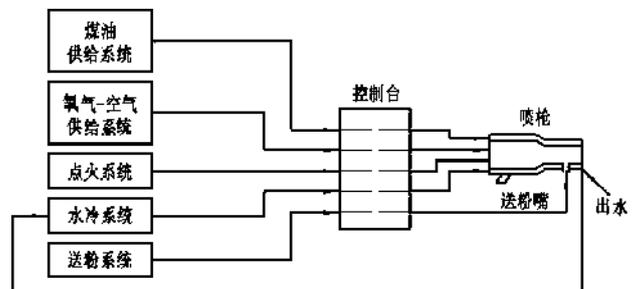


图2 HV0/AF 超音速火焰喷涂示意

以往球体和阀座密封面通常会采用电镀硬铬来提升表面硬度,但镀层与基体的结合强度不高,使用过程中容易脱落,效果不好,近年来很少使用。另一种方式是球体表面硬化热处理、渗氮处理等工艺,但其硬度层太薄,而且热处理会导致球体变形、抗擦伤性和耐蚀性的降低。此外采用激光熔覆技术获得的涂层热影响区很小,硬度高,但相对来说表面粗糙度会差,加工余量也会较大。总体来说,超音速火焰喷涂运用在阀门再制造中,根据不同工况选择相对应的涂层,能大幅度提升阀门的使用性能及寿命。

### 2.3 物理气相沉积 PVD

物理气相沉积 PVD 技术是在真空条件下,采用物理方法在基体表面沉积具有某种特殊功能的薄膜的技术,该技术可应用在球体或其它阀型阀芯密封面上增加一层 CrN、TiN、ZrN 等超硬耐蚀镀膜,加强其表面综合物理性能,使其具有优异的耐磨性、硬度、耐腐蚀性和抗高温性,以及更低的摩擦系数和良好的稳定性,大大提升了再制造阀门的使用寿命。

对比	喷焊镍基	喷涂碳	国外复	PVD 复
硬度	650 HV	1200	1600	2000
厚度	≥1000μm	≥200μm	≥150μm	≥150μm
涂层	优	差	良	良
耐蚀	优	一般	优	优
最高	425℃	350℃	400℃	650℃
变形	大	大	-	小

表 1 PVD 复合涂层与国内外不同工艺涂层性能指标对比

从表 1 不难看出, PVD 复合涂层具有超高的硬度,优异的耐蚀性和抗高温性,且变形量小,无需二次加工,提升生产效率,缩短再制造周期。除此之外,在 PVD 涂层涂覆过程中,不会产生废水、废液、废气和噪音的污染和排放,是代替传统电镀的一种绿色环保技术。

### 结语

检维修阀门制定合理的再制造工艺流程和方案,其使用性能和使用寿命都将不亚于原阀门,甚至各项性能都将远优于原阀门,而且在节能、节材、成本控制以及对环境的不利影响方面又都远远优于新阀门制造,阀门再制造势必在拉动经济增长、推行低碳制造及企业增效等方面都将发挥重要作用。

### 参考文献

- [1] GB/T 28618-2012 机械产品再制造 通用技术要求[S].
- [2]钱苗根. 现代表面技术[M].北京: 机械工业出版社, 2016.
- [3]张而耕, 吴雁.现代 PVD 表面工程技术及应用[M].北京: 科学出版社, 2021.