

QPQ 技术在纯水压元件上的应用

曾曙林^{1,2}, 杨沿平¹, 周梓荣²

(1. 湖南大学机械与汽车工程学院, 湖南长沙;

2. 湖南工程学院机械电子工程系, 湖南湘潭 411101)

摘要: 在用纯水作工作介质的液压传动中, 液压元件的耐磨性和抗蚀性是水压传动中材料选择所面临的两个技术性难题。QPQ 盐浴复合处理技术是一种新的金属盐浴表面改性强化技术, 能大幅度提高金属表面的耐磨性和抗蚀性, 且处理后的工件变形很小。本文简要介绍了 QPQ 处理技术的工艺方法及经 QPQ 处理后的材料用于水压元件的应用试验, 证明了 QPQ 处理技术用于水压元件的可行性, 为纯水压元件材料的选择提供了新的途径。

关键词: QPQ; 纯水压元件; 应用

中图分类号: TH137 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3881 (2004) 4-079-3

The Application of QPQ Technology in Water Hydraulic Components

ZENG Shu-lin^{1,2}, YANG Yan-pin¹, ZHOU Zi-rong²

(1. College of Mechanical and Automotive Engineering, Hunan University, Changsha 410000, China;

2. Department of Machine and Electron, Hunan Engineering Institute, Xiangtan 411101, China)

Abstract: The characteristics of anti-wear and anti-corrosion of hydraulic components are two technical problems of choosing material in the field of hydraulics. The QPQ salt bath composite treatment is a new modified technology to strengthen the metal surface. Not only can the characteristics of anti-wear and anti-corrosion be increased greatly, but also the workpiece less deformed after QPQ treatment. The technological method of QPQ treatment technology and the test of materials with QPQ treatment in water hydraulic components were introduced in this paper. The feasibility that QPQ treatment technology can be applied to water hydraulic components was testified. A new way to choose material of water hydraulic components was provided.

Keywords: QPQ; Water hydraulic component; Application

0 前言

水压传动具有无污染、安全、清洁卫生、结构简单、效率高等突出优越性, 符合清洁生产及可持续发展的要求, 已成为当今国际液压技术领域的热门研究课题之一^[1]。但是, 水压技术的研究与应用需要解决诸如密封与润滑、磨损与腐蚀等关键问题^[2-4]。研究表明: 磨损、腐蚀和断裂是机械零件材料失效的三种主要形式, 其中磨损失效是材料失效的主要原因^[5]。在水压元件中, 磨损与腐蚀并存, 且相互促进^[6]。为了解决水压元件的磨损与腐蚀问题, 国内外许多科研人员进行了长期的研究和探讨, 在实践中大多用耐蚀合金、工程陶瓷、高分子及其复合材料、以及表面工程材料等作为水压元件材料, 为水压元件的生产与使用奠定了基础。

但是, 随着水压传动技术的不断发展, 其应用范围越来越广泛, 对水压元件材料提出了新的要求。例如, 在水压冲击器中, 冲击机构的工作条件比较复杂, 不仅要求材料具有较好的耐磨性、抗蚀性, 而且要求有较高的强度和韧性。为了解决这一问题, 采用了一种特殊的处理方式——QPQ 复合盐浴处理。

1 QPQ 处理的工艺过程及渗层的性能特点

QPQ 技术是一种氮、碳、氧盐浴复合处理技术, 是近年来发展起来的新的金属零件表面强化改性技术之一。它是一种热化学处理过程, 通过氧碳盐浴共渗使氮在黑色金属表面富集, 形成氮占主要成分的 ϵ 相

铁氮化合物和氮扩散层; 后氧化处理中渗层晶界中氧的存在, 显著改善了渗层的均匀致密性, 提高了扩散层深度; 经机械抛光和再氧化后使机件获得均匀、光滑的黑色表面, 表面硬度显著提高, 使机件耐磨、耐蚀、抗疲劳。这种低氰盐浴氧碳共渗 (含氧化) —抛光—再氧化复合处理工艺称之为 QPQ 技术。

1.1 QPQ 处理技术的工艺过程

QPQ 盐浴复合处理技术的基本工艺如图 1 所示。

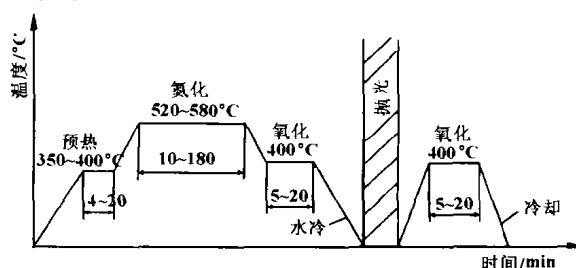


图 1 QPQ 盐浴复合处理的工艺曲线图

它由两个阶段组成, 第一阶段进行无公害盐浴复合处理, 包括:

- (1) 去油: 去除零件表面油污;
- (2) 炉料及零件的预热: 温度 350 ~ 400℃, 时间 4 ~ 20min, 目的是去除水份, 防止盐浴飞溅;
- (3) 盐浴氮化: 温度 520 ~ 580℃, 时间 10 ~ 180min。目的是形成氮化层和扩散层;
- (4) 盐浴氧化: 温度 400℃ 左右, 时间 15 ~ 20min。目的是形成氧化层;

(5) 冷却: 使渗层均匀致密并增加扩散层深度; 同时分解粘附在工件上的 CN⁻。

第二阶段进行再氧化处理, 包括:

(1) 再氧化: 在与第一阶段(4)完全相同的条件下进行再氧化处理, 使工件表层补充含氧量;

(2) 浸油: 目的是密封渗层孔隙, 以获得最佳的抗蚀能力。

在两个阶段中间增加一道抛光工序, 去除表层较软的多孔性疏松层并使其表面光滑。

QPQ 盐浴复合处理全工艺过程约需 3h, 大批量连续生产约需 2h。

1.2 QPQ 处理渗层的性能特点

QPQ 盐浴复合处理技术是渗氮(氮碳共渗)和氧化工序的复合; 在渗层组织上它是氮化物层与氧化物层的复合; 在性能上它是高耐磨性与高抗蚀性的复合; 在工艺上它是热处理技术与防腐技术的结合。

1.2.1 大幅提高工件耐磨性。QPQ 盐浴复合处理后, 金属表面硬度比基体材料硬度大幅度提高, 因为在它的表层形成了具有高硬度的 ϵ 相 Fe_{2-3}N 化合物组织, 从而大大提高了表面耐磨性和抗咬合性能。文献[7]表明: 经 QPQ 盐浴复合处理的 45[#] 钢, 其表面硬度虽然仅有 650HV (57HRC), 但它的耐磨性却比 20[#] 钢经渗碳淬火处理后 (63.5HRC) 的耐磨性高 9 倍以上。表 1 为 45Cr 在不同的表面处理后经 2h 滑动磨机试验后的磨损量比较^[8]。

表 1 45Cr 滑动磨损实验耐磨性比较。

项目	处理方法	硬度	磨耗/mg	相对比较
2h 滑动 磨机试 验	QPQ	HV700	0.22	1.0
	镀硬铬	HV813	0.46	2.1
	离子氮化	HV700	0.62	2.8
	高频淬火	HRC61	6.18	23.7
	常规淬火	HRC58	6.46	29.4

1.2.2 抗腐蚀性能极好。工件经 QPQ 盐浴复合处理后在金属表面形成一层铁氮化合物和致密的铁氧化膜, 经抛光并再次氧化后, 使化合层更致密, 氧渗入到化合物厚度的一半以上, 并且延伸到更深的孔隙处, 吸氧的化合物层进一步钝化, 从而使金属表面有更高的耐蚀性。表 2 为盐雾试验抗蚀性比较^[8]。

表 2 盐雾试验抗蚀性比较

序号	试样种类	开始生锈时间/h	相对抗蚀性比
1	QPQ 处理(45 [#] 钢)	140	1
2	1Cr18Ni9Ti	28	1/5
3	镀装饰铬	4	1/35
4	1Cr13	3.5	1/40
5	镀硬铬	2	1/70
6	发黑	0.5	1/280

1.2.3 提高了疲劳强度。因为金属零件经盐浴复合处理后扩散层中氮化物沉淀阻碍了位错移动, 提

高了疲劳强度。所以 QPQ 盐浴复合处理可以使钢、铸铁、烧结材料的疲劳强度提高 20% ~ 200%^[7]。例如 QPQ 处理后使 45[#] 钢疲劳强度由 405MPa 提高到 570MPa, 提高 40%^[9]。

1.2.4 表面处理机械变形小。QPQ 盐浴复合处理的工艺温度在相变点以下, 处理前后尺寸变形较小。在最佳工艺状态下, 一般轴、孔尺寸胀缩量只有 0.005mm 左右^[7], 工件形状的变化也极小, 解决了常规热处理变形问题。

1.2.5 加工成本降低。据文献[7, 9]介绍, QPQ 工艺比常规淬火节能 50% 以上, 且不需留烧蚀加工余量; 由于处理后综合机械性能大幅度提高, 可减少零件材料设计用量, 提高了材料利用率, 据介绍相对于镀铬可降低成本 37%^[9]。

2 QPQ 处理技术在水压元件上的应用

由于耐磨和抗蚀是水压元件的两大关键技术要求, 而 QPQ 盐浴复合处理技术在改善零件表面耐磨性和抗腐蚀性能方面具有突出优势。因此, 将 QPQ 盐浴复合处理技术应用在水压元件的生产中, 不仅可以降低成本, 而且可以保证水压元件的耐磨性和抗蚀性要求。作者在进行水压冲击器的研制过程中, 为解决水压冲击机构的防锈与耐磨问题, 对部分元件进行了 QPQ 盐浴复合处理的应用试验。

2.1 零件材料及加工工艺

冲击机构是水压冲击器的核心部分, 由冲击活塞和缸体组成, 两者构成移动副且都与工作介质水直接接触, 所以都要求有较高的表面硬度和表面抗蚀性能, 同时又必须具有较好的疲劳强度。如果采用传统的方法和工艺则不能满足其使用要求, 所以选用 QPQ 处理技术。在本试验中选择缸体作为 QPQ 盐浴复合处理的试验零件。由于缸体需承受一定的冲击载荷, 所以选用 40Cr 作为缸体材料, 其加工工艺为: 毛坯→粗加工→调质→精加工→QPQ 盐浴复合处理→检验→入库。QPQ 处理时的氮化温度控制为 570℃, 时间 2 ~ 4h。

2.2 试验结果

将缸体零件进行整体 QPQ 盐浴复合处理后, 对其耐磨性和抗蚀性作了相应的测试和装机试验。

2.2.1 表面硬度及表层形貌。由于缸体孔孔径较小, 硬度计不能直接检测其内孔表面硬度, 所以在缸体外表面随机选取了 8 个点, 检测其硬度。检测仪器为维氏硬度计, 采用 1N 负荷测量试件表面硬度。检测数据如表 3。

表 3 缸体表面硬度

检测点	1	2	3	4	5	6	7	8	平均
硬度 HV	640	650	630	620	620	620	630	630	630

缸体用 20CrMnMo 渗碳淬火处理后的表面平均硬

度为 HRC58 ~ 63。

从前面 QPQ 处理的渗层性能分析可知, 试验中的 40Cr 经 QPQ 处理后的耐磨性比 20CrMnMo 渗碳淬火处理后的耐磨性高很多。我们在模拟试验台上进行了 100 多小时的对比运转试验后发现, 经 QPQ 处理的缸体材料未见明显磨损, 而同时进行的以 20CrMnMo 渗碳淬火为材料的缸体可见到较为明显的磨损痕迹。

图 2 为 40Cr 经 QPQ 盐浴复合处理后的渗层形貌。

2.2.2 抗腐蚀性 将本试验缸体装配后, 进行了以自来水为工作介质的工作试验, 2001 年 9 月试件装配于试验设备上工作, 至 2001 年底试验结束, 其间未采取任何防锈措施, 试件上未发现任何锈蚀, 然后将该试件裸放在潮湿的地面, 至今也只是在有



腐蚀剂: 3% 硝酸酒精 放大倍数: 400 ×

材料: 40Cr 钢

状态: 调质

图 2

机加工缺陷的外表面塌陷处及内孔沟槽处发现锈斑, 且可用布擦去。而采用 20CrMnMo 渗碳淬火制作的缸体零件虽经表面涂防锈油处理, 存放三个月后就开始生锈。可能性见经 QPQ 处理后的材料防锈效果明显。

3 结论

从前面的分析和试验结果可以得出如下结论:

(1) QPQ 技术加工工艺简单, 适用的材料范围广、成本低, 可以应用于水压元件零件。

(2) 经 QPQ 盐浴复合处理的水压元件具有较高

的耐磨性和较好的防腐蚀性能。

因此, QPQ 盐浴复合处理技术作为一种新的零件加工方法应用在纯水压元件零件的加工上是可行的, 为水压元件的加工提供了新的途径。

参考文献

- [1] 杨曙东, 李壮云. 水压传动技术及其发展前景 [J]. 中国机械工程, 2000 (增刊).
- [2] Stricker. Advances make tap water hydraulics more practical [J]. Hydraulic & Pneumatic, December 1996: 29 ~ 33.
- [3] Eizo urata. Technological aspects of the water hydraulics [C]. The Proceedings of The Sixth Scandinavian International Conference on Fluid Power SICFP '99, Tampere, Finland, May, 1999.
- [4] 焦素娟, 李佳鑫等. 不锈钢作为水压元件材料的盐雾实验研究 [J]. 液压与气动, 2002 (2): 11 ~ 13.
- [5] 屈晓斌等. 材料的磨损失效及其预防研究现状与发展趋势 [J]. 摩擦学学报, 1999 (2).
- [6] 杨曙东, 李壮云等. 工程陶瓷水压元件摩擦副零件的设计研究 [J]. 液压与气动, 2002 (1): 4 ~ 7.
- [7] 杨凌平. QPQ 盐浴复合处理 [J]. 中国机械工程文摘, 2003 (2): 26 ~ 27.
- [8] 李惠友. QPQ 盐浴复合处理技术 [M]. 机械工业出版社, 1996.
- [9] 陈守庆. QPQ 技术及其在减振器零件上的应用 [J]. 摩托车技术, 1996 (10): 21 ~ 23.

作者简介: 曾曙林 (1964 -), 男, 湖南湘乡人, 讲师, 在读硕士, 主要从事模具、液压等方面的教学和研究工作。E-mail: zshl@sina.com.

收稿时间: 2003 - 09 - 01

(上接第 117 页)

UG 中所有特征的函数类库和操作命令, 程序设计时, 用 VC++ 6.0 编写钣金构件三维造型和展开图二维绘图 API 应用程序就可实现相应的功能。

5 结论

本文采用面向对象技术开发参数化钣金展开放样系统, 将面向对象技术、参数化技术和三维造型技术结合起来, 大大增强了钣金件展开放样功能, 其中钣金件种类众多、构件图丰富、展开放样计算快速方便、用户界面直观友好, 并且开发的系统软件具有良好的稳定性、可重用性、可扩充性和可维护性。实践证明, 采用这种方法开发钣金展开放样系统是行之有效的。

参考文献

- [1] 袁筱麟. 快速钣金展开放样法 - 系数法、程序法. 北

京: 机械工业出版社, 1996.

- [2] 袁筱麟. 钣金展开计算机放样技术. 化工建设工程, 2002, 24 (1).
- [3] 王文吕. 钣金展开技术手册. 沈阳: 东北工学院出版社, 1991.
- [4] 翟洪, 翟纯雷编著. 实用钣金展开计算方法. 北京: 化学工业出版社, 2000.
- [5] 鲍宏林, 李钝, 莫凡芒. 工程 CAD 应用软件分析建模方法研究. 计算机辅助设计与图形学学报, 2000, 12 (12).
- [6] 韶维忠, 杨美清著. 面向对象的系统分析. 北京: 清华大学出版社, 广西: 广西科学技术出版社, 1998.

作者简介: 谢洁飞 (1968 -), 南华大学机械工程学院讲师, 浙江大学化工机械研究所博士生, 主要研究方向: CAD/CAM/CAE, 面向对象技, 软件工程。

收稿时间: 2003 - 04 - 02