

## 锻造

# 大型锚固法兰生产技术的研发与应用

田继红, 陈慧琴, 郭会光, 刘建生

(太原科技大学 材料科学与工程学院, 山西 太原 030024)

**摘要:** 锚固法兰是大口径、高内压、远程输气(油)管道系统中的关键部件。本文针对大型锚固法兰的生产技术开展了自主创新的研发工作。采用理论计算与有限元数值模拟技术相结合的方法进行了结构参数设计, 选择了改进型CF62钢作为材料锚固法兰的材质, 提出了多种先进适用成形制造方案, 采用旋转锻造扩孔技术制造了一批国产化产品, 满足了国家重大工程的急需。

**关键词:** 锚固法兰; 制造技术; 数值模拟

**中图分类号:** TG316.3

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-3940 (2009) 02-0007-04

## Study and application of manufacturing technique of large-sized anchoring flange

TIAN Ji-hong, CHEN Hui-qin, GUO Hui-guang, LIU Jian-sheng

(School of Materials Technology and Engineering, Taiyuan University of Science and Technology, Taiyuan 030024, China)

**Abstract:** The anchoring flange is the key component of gas (oil) transmission line which is of large diameter, high internal pressure and long-distance. The independent innovation work was developed for the manufacturing technique of large-sized anchoring flange. The structure parameters were designed by combining theory with numerical simulation method. The improved CF62 steel was selected as material of anchoring flange. Several advanced and applicable forming processes were brought forward. A batch of domestic products was manufactured by the rotary swaging forging and met the national major project demands.

**Keywords:** large-sized anchoring flange; technique of manufacture; numerical simulation

锚固法兰是远程管道输气(油)工程的关键部件, 焊装于输气(油)主管道上, 并用水泥墩固定, 半埋或全埋在地下, 用以防止由自重、内压、温差、管道走向与方位变化等综合作用力引起的管线过量位移, 处在地下部分的管线受不均匀的土压力、水压力, 地上部分还受风荷、雪荷及地震等自然力<sup>[1]</sup>。图1为锚固法兰的工况示意图。由于锚固法兰口径大( $\Phi 200 \sim \Phi 1200$  mm)、内压高(6~12 MPa)、使用范围广(沿管线途经十余省)、工况恶劣(沿途地质条件、气候温度复杂多变, 还有腐蚀、震动等作用)、安全条件要求高(途经城市、乡村、学校、医院等人员聚集区), 因而对其工作可靠性要求极高。关于锚固法兰的制造与应用, 世界相关国家都在进行深入的研究, 但鲜见报道。从2002年起, 对大型锚固法兰的生产技术开展了自主创新的研发工作。通过一系列的技术攻关, 在锚固法兰的设计计算、材料选择、制造技术和成形方案等方面取得了一些

新的成果, 采用“先进适用”技术制造了一批国产化产品, 替代了进口, 在西气东输、川气东送、陕京线、淮武线、西气东输二线等国家重点工程均有广泛应用, 满足了国家重大工程的急需, 促进了远程管道输气(油)工程的科学进展。

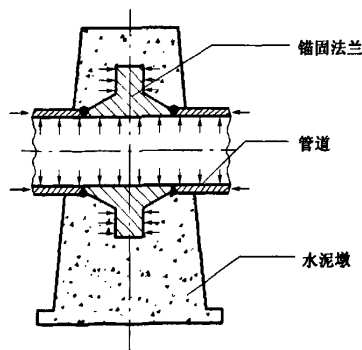


图1 锚固法兰工况示意图

Fig. 1 Sketch of working condition of anchoring flange

## 1 锚固法兰的结构设计

由于锚固法兰及管线受力复杂, 应该进行强度、刚度校核和抗疲劳、抗脆断、抗地震的评定。然而, 有些应力目前难以进行精确计算, 至今仍没有统一

收稿日期: 2008-12-08; 修订日期: 2009-01-20

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目资助(2007BAF02D07);

太原科技大学校青年基金资助项目(2006135)

作者简介: 田继红(1971—), 男, 硕士, 讲师

电子信箱: tykdthj@126.com

的制作标准。工程设计时大都按压力容器规范,参照有关标准和实用数据加大安全裕度,通过有限元分析结构设计,确定工程尺寸<sup>[1]</sup>。

首先,石油天然气相关行业根据锚固法兰的介质压力、使用区域、环境工况等因素确定设计系数、气候条件以及最大轴向推力、锚固形式等技术参数,提出技术规格书数据。在此基础上,根据国家标准《输气管道工程设计规范》(GB 50251-2003)、《钢制压力容器》(GB 150-1998),并参照美国国家标准《管法兰和法兰管件》(ASME B16.5-1996)(含 A1998)以及《输气和配气管道系统》(ASME B31.8-1999)等系列标准,经详细理论计算,结合相关生产经验,初步设计出锚固法兰的结构形式和关键尺寸,再由焊接规范确定端口结构尺寸。

在理论计算基础上,为了得知锚固法兰的工作状态,采用通用有限元分析软件 MSC. MARC<sup>[2]</sup>,按规格任务书提出当量轴向推力,极限温度变化等数据进行计算,得出应力分布云图及集中应力的分布和部位,如图 2 所示。并对应力进行线性化分析,对各应力分量进行分类校核,通过强度校核确保满足强度要求。通过刚度分析,确定许可位移量,确保满足水泥墩及管道柔性要求<sup>[3-4]</sup>。

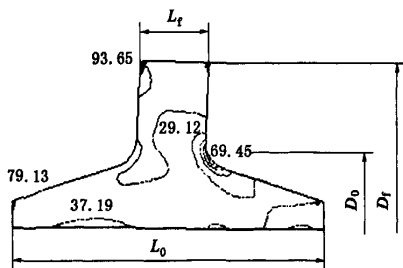


图 2 锚固法兰的有限元应力分析(等效应力场)与结构设计(主要尺寸)示意图

Fig. 2 Sketch of simulation result (equivalent stress field) and structure design (key dimensions)

为了简化生产,实际工作中把众多不同工况的锚固法兰分类合并为若干大类,然后按最严酷的受力工况计算校核并确定结构尺寸。

## 2 原材料选用

《输气管道工程设计规范》中规定:当管道附件与管道采用焊接连接时,两者材质应相同或相近。

管线钢通常采用美国石油协会推出的 API 5L~X70,控轧控冷生产,具有良好的抗动、静荷能力、能承受油气冲刷与腐蚀、低温下抗氢致开裂和硫化

物应力腐蚀能力较好。

锚固法兰原材料的选用最初定为与管线钢同类材料,但在实践中因为该钢种控轧控冷生产困难。在业内专家的提议下确定了选材原则,主要是满足使用性能要求,满足与管线管焊接要求,冶炼制造方便,不仅先进可靠,还要适合国情,便于生产制造。综合各方面技术因素,没有选用与管线管同种材料钢材,而选用改进型 CF (crack free) 62 钢。该钢种系低碳微合金、低焊接裂纹敏感性的高强钢种,其优点在于焊前不预热或 50℃ 预热而不产生裂纹,其优良的焊接性能和低温韧性、适宜大型构件野外作业。改进型 CF62 钢与 X70 管材焊接质量评定,断面无缺陷,焊接接头性能符合验收规范<sup>[5-6]</sup>。

## 3 成形制造技术

锚固法兰是受力复杂的重要支固构件,质量要求极其严格。而塑性成形和热处理是制造技术中两个关键环节,只有通过充分的塑性变形和合理的热处理才能使内部结构密实、晶粒细匀、分布合理,满足使用性能要求。此外,热加工过程对节材、节能、减少缺陷次品、降低成本有重要的影响。按照目前热加工装备的情况拟订如下工艺方案。

### 3.1 旋转锻压扩孔方案

锚固法兰尺寸大、形状复杂,辗环轧制成形需用大型辗环机,两端高颈大法兰辗轧时材料转移量很大,辗环技术和工装制造都有一定难度。在此情况下采用了旋转锻造扩孔方案,旋转锻造扩孔特点是锻透性较好、省力、工装简单、操作方便,但是锻造扩孔系非稳态局部成形,变形不均匀,为克服缺点采用了一些措施,其要点是科学合理地调控热力学参数,比如,控制变形温度范围,控制压下量,快速均匀转动。只要变形足够,热力参数控制匹配合理,就可以得到满意的锻件质量<sup>[7-10]</sup>。

为了节省原材料,将法兰边的凸缘锻出来,可以用带槽的上型砧——芯轴扩孔法锻造,也可以将预扩孔的坯料平放在平砧上,借助旋转装置,边转动打锻出法兰边凸缘。锚固法兰成形过程如图 3 所示。

实践证明:只要认真控制变形温度,变形速度、变形程度、并合理加以匹配,保持应变均匀分布,锻造温度合理,就能够锻出合格的产品。这是当前比较适用的成形方案。

### 3.2 辗扩方案

安装大型辗环机,并实施大批量生产时可以应用该方案。该方案生产率极高,加工余量小,如果

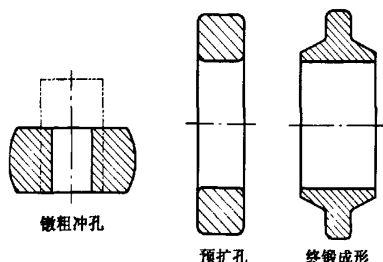


图3 锚固法兰成形过程

Fig. 3 Forming process of anchoring flange

合理调控热力学参数,可以实施控轧控冷,改善组织性能,进一步提高质量,这是后续开发的方案<sup>[11]</sup>。

### 3.3 铸-锻(轧)联合成形方案

将铸造和锻压两工序联合,利用优势互补的成形机制,更快更好地制造产品。因为铸造可以很方便地制造出十分复杂的形状,而锻轧能够很好地改善内部组织性能,二者结合、优势互补,能够提高效率和质量。对环件而言,铸坯可以用离心浇铸、电渣熔铸环坯,中频熔铸环坯,再经过短时间的均热,后辗扩(或锻压)成形。该方案工艺流程短、效率高、节能(热能消耗少)、节材、成本低。只要将铸坯热成形的工艺参数调控得当,就可实现优质、高效、低成本的生产目标。

综上所述:控制热成形,短流程工艺都是先进的热加工方法,有待继续开发应用。

### 3.4 校形整径技术

大型环件热成形,由于各种因素的影响,形状尺寸偏差往往较大,机加工前应该校形,以减小加工余量。校形装置可以为机械楔扩式<sup>[12]</sup>整径装置,或者液压传动校形装置。

### 3.5 控温节电热处理

按照技术要求,为保证工件的综合力学性能,锚固法兰成形后要调质处理。由于电炉控温性能最好,所以能保证热处理质量,但在用电紧张情况下为了减少电能消耗,可以实行先在煤气炉中预热,再转电炉控温,既节约了电能,又保证了热处理质量。

## 4 质量检验与使用性能试验

锚固法兰制成后还要进行多项质量检查,比如力学性能、金相组织、无损探伤及着色检测以确保制件的高质量。此外,为了保证锚固法兰使用安全可靠,还要进行压力弯曲试验,如图4所示。

压力弯曲试验是模拟锚固法兰实际工况,既承

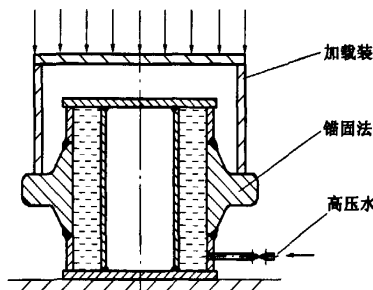


图4 压力弯曲试验简图

Fig. 4 Sketch of pressing bend test

受流体内压又在缘周上施加当量轴向推力,检测其变形和渗漏等现象,评定其使用性能,确保工作安全可靠。但试验时,因制件口径大,所需密封力大,可用省力措施,防止附加弯曲变形<sup>[12]</sup>。该方案现场使用效果良好,值得推广。

## 5 机械加工、防腐及包装

根据技术要求,锚固法兰热处理之前要进行粗加工并作超声波探伤。在成形、热处理之后要进行精加工,包括精加工外形尺寸和焊接坡口并进行必要的检查,交付用户前要进行防腐蚀处理,并包装发运至使用现场与线路管道焊接,图5为产品照片。



图5 锚固法兰产品照片

Fig. 5 Photo of anchoring flange product

## 6 结论

(1) 理论计算与有限元数值模拟技术相结合,参照实践生产经验,设计出较为合理的结构参数。

(2) 实践证明,改进型CF62钢可替代X70钢制作锚固法兰,不仅可满足使用性能要求及焊接要求,而且冶炼制造方便,适合国情,便于生产制造。

(3) 旋转锻压扩孔方案是当前比较适用的锚固法兰成形制造方案,随着装备、工艺技术的不断提高,会有更多更好的新方案脱颖而出。

(4) 压力弯曲试验是比较实用的检验手段,值得推广。

### 参考文献:

- [1] 都有成,师蔚文,郭会光. 锚固法兰[P]. CN2854272, 2007.01.03.

# 汽车发电机爪极精密成形新工艺

原国森<sup>1</sup>, 辛选荣<sup>1,2</sup>, 刘汀<sup>1,2</sup>, 郭云汉<sup>2</sup>

(1. 河南科技大学 材料科学与工程学院, 河南 洛阳 471003; 2. 洛阳秦汉冷锻有限公司, 河南 洛阳 471003)

**摘要:** 针对目前国内爪极锻造成形困难, 设备吨位大, 模具寿命低等问题, 在分析其关键技术难点的基础上, 制定了爪极精密成形新工艺: 闭式热模锻正挤成形。利用 DEFORM-3D 进行了数值模拟分析, 并采用专用模具进行了新工艺的实验研究。结果表明: 新工艺大幅降低了爪极零件的成形载荷, 从而减少了生产工序并提高了模具寿命, 适合大批量生产。

**关键词:** 爪极; 闭式锻造; 数值模拟

**中图分类号:** TG312 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3940 (2009) 02-0010-03

## New precision forming technology for auto generator claw pole

YUAN Guo-sen<sup>1</sup>, XIN Xuan-rong<sup>1,2</sup>, LIU Ting<sup>1,2</sup>, GUO Yun-han<sup>2</sup>

(1. School of Materials Science and Engineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China; 2. Luoyang Qinhan Cold Forging Co., Ltd., Luoyang 471003, China)

**Abstract:** Aimed at present domestic problems in the forging process of claw pole, such as insufficient corner filling, excessive forming force and short life of dies and on the basis of analyzing the claw pole, a new process named as closed hot die forging direct extrusion process for claw pole was constituted. The numerical simulation using DEFORM-3D and the special mould were used in the forging experiment in order to check the new process. The results show that new technology has greatly reduced the forming force and thereby the production procedure is reduced and the die life is improved for the mass production.

**Keywords:** claw pole; closed die forging; numerical simulation

爪极是汽车发电机的关键部件, 是用来形成旋转磁场的主要原件, 如图 1 所示, 形状十分复杂, 外围是 6 个高而尖的爪子。其形状和电磁性能直接影响感应交流电动势的波形和交流发电机的发电能力<sup>[1]</sup>, 因此对成形精度要求很高。

目前, 国内外爪极的锻造工艺大多工序多, 工



图 1 汽车发电机爪极

Fig. 1 Generator pole of automobile

收稿日期: 2008-07-24; 修订日期: 2008-10-24

作者简介: 原国森 (1981—), 男, 硕士研究生

电子信箱: yuangs521@163.com

艺流程长, 模具寿命低, 成本高, 而且质量不易保证<sup>[2]</sup>, 其主要原因就是爪尖部分很难完全充满, 需

- [2] 梁清香. 有限元与 MARC 实现 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [3] 郭崇志, 陈文听, 纪昌盛. 大型薄壁压力容器 Shell 51 单元模型的应力线性化分析 [J]. 化工机械, 2005, 32 (5): 275-278.
- [4] 沃洛希恩 A A, 格里戈尔耶夫 Г Т. 法兰连接设计计算手册. 汪子云, 胡再华, 译. 第 2 版. 北京: 化学工业出版社, 1984 年.
- [5] 于勇. 中国材料工程大典: 2~3 卷 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [6] 史耀武. 中国材料工程大典: 22 卷 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [7] 王英芳, 王志刚. 用小设备锻制环形模锻件的新工艺 [J]. 热加工工艺, 2003, 32 (6): 67.
- [8] 孙国廷. 圆环类锻件锤上胎模端工艺 [J]. 锻压机械, 2001, (1): 17-18.
- [9] 董岚枫, 钟约先, 马庆贤, 等. 大型筒体锻件的成形制造技术 [J]. 锻压技术, 2007, 32 (3): 1-6.
- [10] 刘庚武. Cr12Mo1V1 工具钢冲孔与扩孔锻造工艺 [J]. 锻压技术, 2008, 33 (1): 14-15.
- [11] 王志慧. 环件轧制技术现状和发展 [J]. 机械制造, 2003 (9): 26-28.
- [12] 中国机械工程学会锻压学会. 锻压手册: 1 卷. 北京: 机械工业出版社, 2002.

作者：[田继红](#)，[陈慧琴](#)，[郭会光](#)，[刘建生](#)，[TIAN Ji-hong](#)，[CHEN Hui-qin](#)，[GUO Hui-guang](#)，[LIU Jian-sheng](#)  
作者单位：[太原科技大学, 材料科学与工程学院, 山西, 太原, 030024](#)  
刊名：[锻压技术](#)[ISTIC](#)[PKU](#)  
英文刊名：[FORGING & STAMPING TECHNOLOGY](#)  
年，卷(期)：2009，34(2)  
被引用次数：2次

参考文献(12条)

1. [中国机械工程学会锻压学会 锻压手册](#) 2002
2. [郗有成;师蔚文;郭会光 锚固法兰](#) 2007
3. [董岚枫;钟约先;马庆贤 大型筒体锻件的成形制造技术](#)[期刊论文]-[锻压技术](#) 2007(03)
4. [孙国廷 圆环类锻件锤上胎模端工艺](#)[期刊论文]-[锻压机械](#) 2001(01)
5. [王英芳;王志刚 用小设备锻制环形模锻件的新工艺](#)[期刊论文]-[热加工工艺](#) 2003(06)
6. [史耀武 中国材料工程大典](#) 2006
7. [于勇 中国材料工程大典](#) 2006
8. [沃洛希恩A A;格里戈尔耶夫T T;汪子云;胡再华 法兰连接设计计算手册](#) 1984
9. [郭崇志;陈文昕;纪昌盛 大型薄壁压力容器Shell 51单元模型的应力线性化分析](#)[期刊论文]-[化工机械](#) 2005(05)
10. [梁清香 有限元与MARC实现](#) 2003
11. [王志慧 环件轧制技术现状和发展](#)[期刊论文]-[机械制造](#) 2003(09)
12. [刘庚武 Cr12Mo1V1工具钢冲孔与扩孔锻造工艺](#)[期刊论文]-[锻压技术](#) 2008(01)

相似文献(1条)

1. 会议论文 [郭会光, 田继红, 陈慧琴, 刘建生 大型锚固法兰制造技术研究与应用](#) 2007  
综述了大口径、高内压、远距离输气(油)管线支固构件—锚固法兰生产技术的研究和设计要点，关键制造技术方案。根据“先进适用”原则制成了国产化产品，满足了重大工程的需求。

引证文献(2条)

1. [祝馨, 王红艳 大口径锚固法兰的制造与质量控制](#)[期刊论文]-[石油化工设备技术](#) 2010(2)
2. [祝馨, 王红艳 川气东送工程用锚固法兰的质量控制](#)[期刊论文]-[化工设备与管道](#) 2009(6)

本文链接：[http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_dyjs200902002.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_dyjs200902002.aspx)  
授权使用：周锐(zhouruoi)，授权号：40cbec27-2c97-4f26-a466-9f0400c1ed5f

下载时间：2011年6月16日