

# 纵臂内高压成形工艺设计及试验研究

■ 黄顶社, 刘迪祥, 曹龙兵

**摘要:** 对复杂形状空心构件内高压成形工艺进行了数字模拟研究。采用有限元模拟, 对空心零件成形部位在内高压成形过程中产生起皱、破裂、CAE成形参数设置和内冲孔等进行了分析, 针对截面形状和冲孔冲头在模具中布置困难提出改进意见, 使零件的成形性和冲孔冲头在模具中的布置均较为理想, 并通过试验进行了验证。

内高压成形由于其成本低, 柔性高、成形产品强度高、重量轻等显著优点, 近年来成为机械制造领域的研究热点。在国外, 内高压成形技术发展迅速, 采用该技术生产的零件已广泛应用于汽车工业中。

复杂形状空心构件的内高压成形过程一般分为两个阶段, 第一阶段是“成形”阶段, 仅需弯、压等传统工艺或较低内压使管材发生初始变形, 获得能进行下一个阶段成形的基本轮廓形状; 第二阶段是“整形”阶段, 此时, 需大幅度提高内压实现小圆角及修复第一阶段所产生的初始缺陷等复杂的形状的最终贴膜成形。

但是, 实际生产中“整形”阶段由于受生产节拍要求及设备条件限制, 内压增加有限, 产品设计中尽量避免小R角特征和凹陷且要求高的特征。这需要前期做好分析工作。

为解决工程批量生产, 需要

一套成熟稳定的成形工艺, 还需兼顾经济性。计算机数值模拟方法的出现为内高压工艺设计及其优化提供了强有力的工具, 它可以提供成形过程中材料流动规律, 预报成形缺陷, 从而大幅缩短产品设计及工艺开发周期。鉴于此, 本文通过有限元模拟对成形工艺分析, 设计了合理稳定的产品和工艺方法。

## 1. 工艺分析

如图1所示, 是公司某款车副车架纵梁内高压成形零件, 零件几何形状复杂。

因纵臂零件为左右对称件, 最佳成形方案为将两零件拼接为一个整体, 将直管利用数控弯管机弯出形状, 预成形压扁, 高压整形后进行激光切割。初步定拼接方向有如下3种方案如图2~图4所示。

这3种方案分别有下列问题:

(1) 采用方案1遇到问题是

冲孔方向, 由图5可看出, 若按照现零件冲孔方向, 则两根冲孔冲头之间存在较大夹角, 不能利用一个打孔完成打孔工序。如果

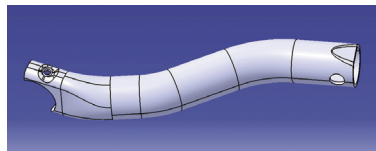


图1 产品形状

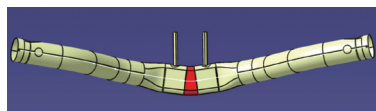


图2 方案1

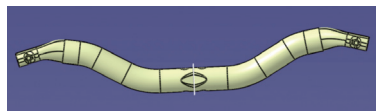


图3 方案2

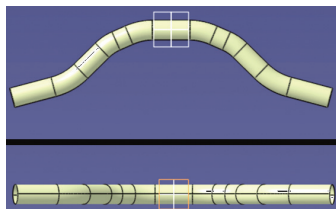


图4 方案3

备注: 本论文受科技重大专项“高档数控机床与基础制造设备”经费资助(2014ZX04002041)

采用两个打孔油缸，由于液化缸自身体积限制，势必增加零件过渡段长度，造成材料浪费。

(2) 若将打孔缸布置在两端，如图3（方案2）所示，则会产生以下问题：预成形工序需要增加一对液压缸，终成形需增加一个打孔缸，增加油路布局、电气控制及日后维修保养难度。预成形及终成形模具相应增大，现有压力机工作台面可能难以满足。由于两侧密封端口为矩形形状，若终成形密封推头采用圆柱形推头，则需要增加较长工艺补充段，造成材料浪费；若采用矩形推头密封，则密封效果没有圆形推头稳定，且由于预成形压扁端口时，端口出现塌陷效果，还需增加端口整形液压缸。

(3) 若按照现有零件冲孔方向进行对称设计，如图4所示，则会产生以下问题：数控弯管时弯曲段由6个增加为7个，弯曲半径由两种增加为3种，且中间段较难实现，管坯由平面弯曲变成空间弯曲，增加弯曲及检测难度，如图6所示。

终成形侧推液压缸由水平布置变为斜向下摆放，使模具内部力系分布更加复杂，同时增加了模具安装及维护难度。中间过渡段更长，造成材料浪费。空间弯曲管坯需要更为复杂的定位基准，增加机器人上料、抓取及模具自动顶料难度。

(4) 以上方案都存在孔面为凹陷面，并且面较小，过渡 $R$ 角小，并且面是后序定位面，精度要求较高，成形需要大的内压。不利于内高压成形，而它同时受生产节拍要求及设备条件限制。

## 2. 改进设计

由上述分析可知，若仍按照现有零件设计方案，不仅会造成材料的浪费，还会极大地增加工艺复杂程度，造成生产效率降低，废品率提高，同时增加维护难度，产生成本浪费。

因此，建议对纵臂零件设计采取以下修改：将定位孔和面向内移动，变孔面凹陷为凸起加大

定位面及面 $R$ 角，使得更利于液压成形，改后产品如图7所示。

## 3. 工艺路线确定

产品改进后成形方案是将两零件拼接为一个整体，将直管利用数控弯管机弯出形状，预成形压扁，高压整形后进行激光切割。拼接方向如图8所示。

终成形模具布局示意图如下

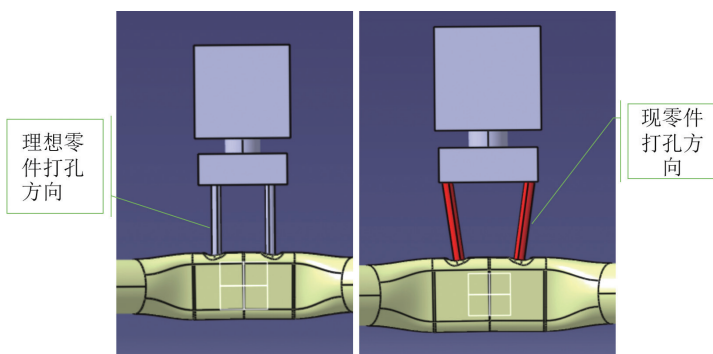


图5 冲孔方向

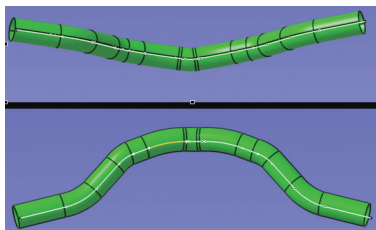


图6 弯管方向

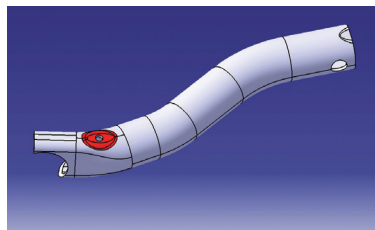


图7 改进后产品

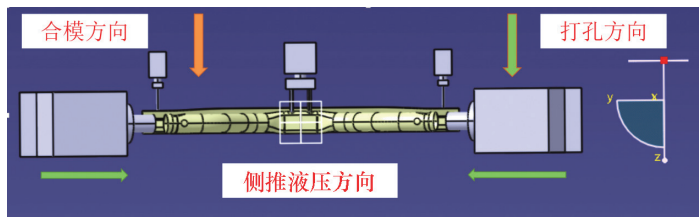


图8 改进后拼接方向

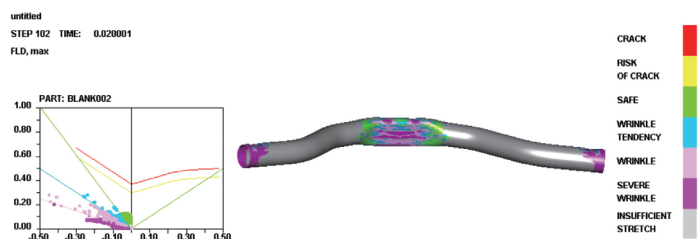


图9 终成形模具布局

图9所示。

由以上视图可看出,零件打孔方向与合模方向相同,均为竖直向下,两个侧推液压缸工作方向均在水平面内。模具结构合理,模具制造维修方便。

#### 4. 模拟分析

(1) 纵臂预成形建模及分析结果如图10、图11所示。

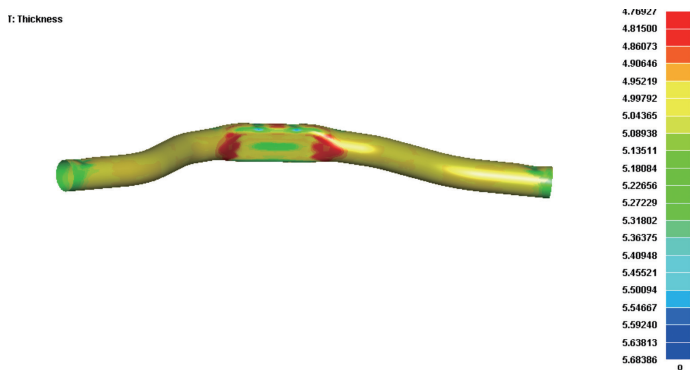


图10 预成形建模

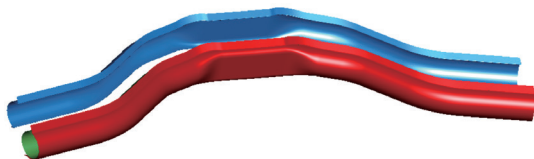


图11 预成形分析

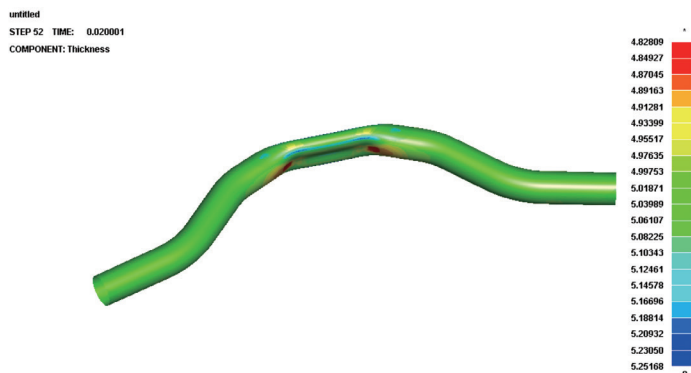


图12 终成形建模



图13 终成形减薄率

(2) 终成形建模及结果分析如图12~图15所示。

由上述分析可知,不考虑弯管减薄情况下,纵臂最大减薄率低于10%,各截面贴模情况良好。最大成形压力210MPa,最大合模压力18000kN。从以上分析结果来看,成形后的壁厚均匀且无没有起皱,冲孔方向和面垂直,产品无风险。

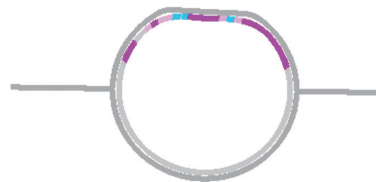


图14 终成形FLD曲线

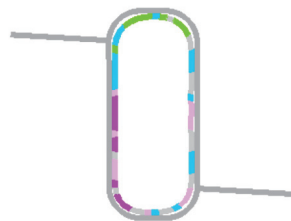


图15 终成形典型截面

#### 5. 结语

用有限元模拟分析方法对零件进行结构和工艺分析,可操作性强,可节省试验获得各种工况结果,从而节省大量人力、物力和财力,大大缩短产品生产调试周期,降低成本。

通过将孔位移动改变截面形状使得更有利于冲孔和成形。

合理的产品造型能大大提高工艺性。

#### 参考文献

- [1] 朗利辉, 苑世剑, 王仲仁, 等. 管件内高压成形及其在汽车工业中的应用现状[J]. 中国机械工程, 2004.
- [2] 苑世剑, 刘刚, 韩聪. 通过预成形降低内高压成形压力的机理分析[J]. 航空材料学报, 2006 (4).
- [3] Lei L P, Kim J, Kang B S. Analysis and Design of Hydroforming Process for Automobile Rear Axle Housing by FEM [J]. Int. J. Machine Tools Manuf, 2000.40(12): 1691-1708.

# 钣金结构箱体框架的装配技术

■ 杨旭红, 冯伟

**摘要:** 介绍了我公司生产的电力机车、动车等变流器箱体框架装配技术, 制作特点及特殊方法。

**关键词:** 装配; 配件; 定位; 夹紧

铆焊车间生产的变流器箱体框架属于钣金结构箱体, 装配是生产的最后一道工序, 箱体框架的制造质量不但取决于配件的制造精度, 还取决于箱体组件的装配质量, 装配是决定箱体质量的重要环节。在装配过程中, 车间操作工人将每一个配件经过下料打磨、折弯成形等工序将其加工成所需的形状并组装成小组件, 再将每一个小组件组装在一起成为整体的箱体框架。一台合格的箱体框架各位置、各方向的尺寸应完全符合设计要求, 各种技术参数(如强度、密封性、耐腐蚀等)也要满足设计要求。

## 一、装配原理

### 1. 装配的基本条件

箱体框架的装配必须具备定位和夹紧两个基本条件。

(1) 定位 确定零件在空间的位置或零件间的相对位置, 如图1所示, 在平台上装配电容支架组件, 安装板1和安装板2是靠下面的电容支架组件上的安装孔定位, 整个电容支架组件是由平台支撑定位。

(2) 夹紧 使定位后的零件能固定其位置(限定自由度), 夹紧就是借助外力将定位后零件固定, 这种夹紧力通常由刚性夹

具来实现。铆焊车间常用弓形螺旋夹夹具和装配胎具的通用夹具来实现对配件的夹紧定位, 如图2中变流器顶部框架是靠弓形螺旋夹进行夹紧定位, 图3是利用

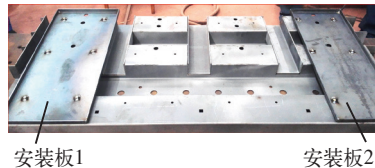


图1 电容支架组件装配图

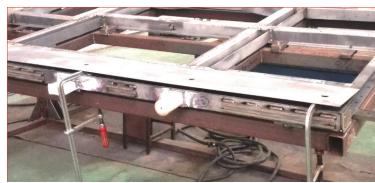


图2 顶部框架夹紧图

- [4] Hartl C. Research and Advances in Fundamentals and Industrial Applications of Hydroforming [J]. JOURNAL OF Materials Processing technology 2005, 167(2): 383-392.
- [5] 何晓燕, 周林, 钱红. 浅谈内高压成形工艺及设备[J]. 锻压

- 装备与制造技术, 2006, 41 (1): 24-26.
- [6] 陈建军. 内高压成形工艺及其在汽车轻量化中的应用[J]. 锻压装备与制造技术, 2010, 45 (1): 12-18.
- [7] 黎永杰, 基于DYNAFORM的内高压成形中预成形工艺改

进[J]. 锻压装备与制造技术, 2011, 46 (3): 57-59.

作者简介: 黄顶社、刘迪祥、曹龙兵, 安徽江淮汽车股份有限公司技术中心。

MW 20160504