

法兰体内高压成型工艺加载路径的分析研究

冯士活

(浙江工贸职业技术学院, 浙江 温州 325003)

摘要: 内高压成型是利用高压液体使管坯达到模具型腔形状的一种塑性变形, 具有节材、节能、高效等特点, 非常适合法兰制造行业。但法兰体内高压成形过程复杂, 影响因素较多, 各因素相互关联, 所有这些因素最后都集中到加载路径上。对影响法兰体加载路径各因素进行了分析, 找出各因素对高压成型内在影响, 为高压成型过程中的加载路径提供参考。

关键词: 法兰体; 内高压; 加载路径; 影响因素

中图分类号: TG394

文献标识码: A

文章编号: 1672-0105 (2015) 02-0046-03

The Research on Loading Path Analysis of High-pressure Forming Process on Flange

FENG Shi-huo

(Zhejiang Industry & Trade Vocational College, Wenzhou, 325003, China)

Abstract: Internal high-pressure forming is a kind of forming parts by using hydraulic pressure to make tube shaped, which is material saving, energy saving and high efficiency so as to suit in flange manufacture industry. However, the process of forming flange is very complicated with a number of influenced factors, what's more, these factors are correlated with each other, thus, and it will focus on the loading path. This paper will make analysis of loading path and find out their inner relationship for flange forming in order to provide references for loading path of high-pressure forming process on flange.

Key Words: flange; inner high press; loading path; influenced factors

0 前言

目前, 法兰体大多采用难加工的不锈钢材料来制造, 其加工工艺复杂, 加工工序较多。传统的加工工艺路线为: 下料→锻压→热处理→检验→粗车→精车→划线→钻孔→钳工→检验→编码打印→包装入库等。在其加工过程中, 为了保证产品质量, 锻压时留给后道工序的加工余量较多, 材料浪费严重, 一般废料所占比例在 35%~40%之间, 使法兰制造成为利润微薄、产品附加值较低的行业。为此, 采用新技术、新工艺改进法兰传统加工方法, 提高产品附加值和市场竞争能力势在必行。

法兰体内高压成型是以液体为介质, 利用特制的成型模具, 在管坯内施加高压的同时, 通过两端的冲头将材料推入型腔进行轴向补料, 实现法兰体

成型的一种全新技术^[1]。法兰体内高压成型技术以节材、节能见长, 与传统法兰体加工工艺相比, 采用内高压成型工艺技术减少了法兰体加工工序, 降低能耗, 提高了生产效率, 缩短了产品生产周期, 特别是减少了原材料用量, 材料利用率可提高 30%~50%^[2], 大幅度地降低了原材料所占生产成本的比例, 对原材料依赖性强的法兰制造行业能够显著地降低生产成本, 但它的缺点也非常明显, 由于内高压成形过程复杂, 影响因素众多, 如材料性能、摩擦、加载路径形式、内压高低以及模具等工艺因素, 且诸多因素并非独立, 而是相互制约, 相互关联, 整个成型过程十分复杂, 到目前为止, 对于内高压成型过程在理论上还没有完全弄清楚, 其工艺参数的选取还是建立在实验数据上, 因此,

收稿日期: 2015-04-15

基金项目: 2014年度浙江省教育厅科研计划项目(Y201432298)

作者简介: 冯士活, 硕士, 讲师, 研究方向: 机械制造。

法兰体内高压成型技术在实际生产应用中,一些关键技术还有待成熟,尤其是轴向补料量的确定一直是内高压成型技术中的一个难点,本研究就此问题展开分析研究,为法兰体内高压成型过程中的加载路径提供参考。

1 法兰体成型原理及工艺过程

内高压成型是通过在管坯内部施加较高的液体压力,同时在轴向施加一定载荷,使其在给定型腔内发生塑性变形,让管坯外壁与模具内表面贴合,从而得到法兰体所需形状的一种材料塑性成型方法^[3,5],内高压成型技术特点是能够使管坯在胀形成型后其壁厚减薄量较小,满足了法兰体各壁厚偏差不能过大的要求。法兰体内高压成型工艺过程如图1所示,整个成型过程大致分为五步:第一,装料。首先经过计算,把不锈钢管切割成管坯4,管坯4经初步处理后装入下模2内;第二,合模。经检查后再把上模1合拢并锁紧,然后用左冲头3和右冲头5分别堵住管坯4两端进行密封,利用高速充液系统往管坯4内部注入低压液体,使管坯4内部全部充满;第三,成型。接着对液压系统进行切换,使用超高压发生装置向管坯4内充液,在充液的同时,左、右冲头与充液压力、管坯4变形量保持一定关系进给,直到管坯4充分贴模,达到成型的目的;第四,开模。成型结束后得到合乎要求的法兰体坯体后,上模1在主缸的回力作用下脱模,同时撤去轴向压力,使成形液体回流,取出成形后的法兰坯体;第五,后续加工。把成形的法兰坯体从中间切开,再进行少量的精加工。

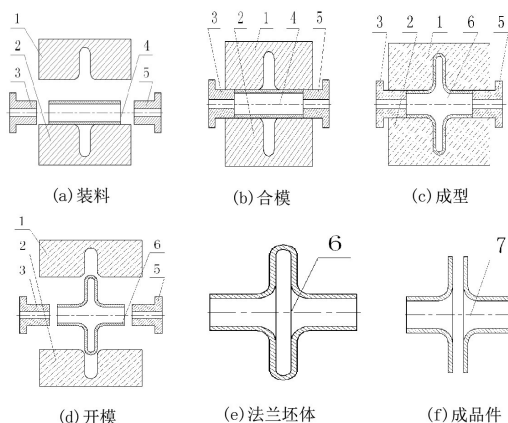


图1 法兰体内高压成型过程示意图

从法兰体内高压成型过程看出,从管坯到法兰

体坯体几乎没有一点废料产生,原材料的利用率近乎100%,唯一有废料产生的是从法兰坯体到成品件这一工序,但废料也较少,法兰体内高压成型是一种对材料近乎零损失的塑性成型技术,具有绿色加工特点,非常适合对原材料依赖性强的法兰行业。

2 加载路径影响因素分析研究

在法兰体内高压成型中,通常把轴向补料量与内高压大小之间的数学关系称为加载路径,加载路径是内高压成型的关键,在实际生产中必须合理地设计加载路径才能保证法兰体能够成型,同时避免各种缺陷的产生,尽可能地提高成型后法兰体的品质。但是,法兰体成型是一个复杂的过程,在设计加载路径时除了考虑内压高低因素之外,还必须考虑法兰体形状、材料性能、摩擦、轴向进给速度、模具结构等因素,只有设计合理的加载路径,才可以改善零件的成型条件,提高成型质量,相反如加载路径的工艺参数控制不当,将会导致所成型的法兰体易出现屈曲、起皱、折叠、破裂等缺陷。

2.1 轴向推进位移为零时的加载路径分析

在法兰体内高压成型之前,首先需要保证轴向冲头与管坯端面的绝对密封,否则管腔内的液体将发生泄漏,在此情况下继续增加轴向推力,管坯会因无法建立高压环境而被迅速压溃,成型过程就会失败。要做到绝对的轴向密封,除了从冲头结构上给予满足外,还必须合理地控制轴向冲头对管坯端部施加的推力,密封时受力如图2所示,管坯在进入塑性变形之前或者在变形过程中的某一时刻,都会存在着轴向推进位移为零的情况,此时,为了保证管坯内高压液体不发生泄漏,作用于冲头的轴向推力 F_i 等于液体作用于冲头反向作用力 F_p , 即有:

$$F_i = F_p = \frac{(D-2t)^2 \pi}{4} p_i \quad (1)$$

式中: F_i 为作用于冲头的轴向推力; F_p 为液体作用于冲头反向作用力; p_i 为不同时刻管内的液体压力; D 为管坯外径; t 为管坯厚度。

$F_i = F_p$ 是轴向冲头与管坯端面之间保持绝对密封的理论临界点,是法兰体内高压成型的必要条件,在实际生产中,考虑到各种突发因素,冲头的轴向推力 F_i 略微大一些,一般取 $F_i = (1.2 \sim 1.3) F_p$ 。

2.2 轴向推进位移不为零时的加载路径分析

在成型过程中,成型后的管坯出现屈曲、起

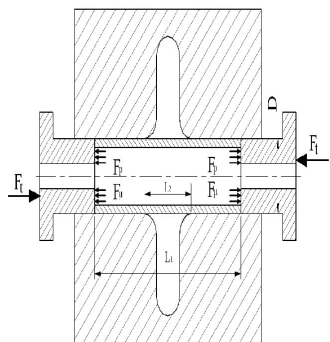


图2 轴向密封受力图

皱、折叠、破裂等现象时有发生,这些现象的产生影响了成型产品的质量,造成这些缺陷的主要原因是轴向推进位移与内高压之间没有很好的匹配,即加载路径不合理所致,因此,设计出合理的加载路径是提高成型产品质量的关键所在。从图1的法兰体成型工艺过程以及图2的管坯成型过程中受力状况可知,在管坯塑性变形过程中,管坯中部不断变形胀大,而管坯的长度却不断缩短,冲头上所施加的轴向推力 F_i 除了需要抵消管坯内液体反推压力作用的同时,还需要克服管坯端向内移动时所产生的摩擦力,以保证冲头移动速度跟上管件长度缩短的速度,其中摩擦力的大小为:

$$F_{\mu} = \frac{(D-2t)(L_1-L_2)\pi p_i \mu}{2} \quad (2)$$

假设 $\Delta L = L_1 - L_2$, 则有:

$$F_{\mu} = \frac{\pi(D-2t)\Delta L p_i \mu}{2} \quad (3)$$

作用于冲头的轴向推力理论上要求满足:

$$F_i = F_p + F_{\mu} \quad (4)$$

结合式(1)、(3)、(4)可得:

$$F_i = \frac{(D-2t)(D-2t-2\Delta L\mu)\pi p_i}{4} \quad (5)$$

其中: F_{μ} 为摩擦力; μ 为管坯与模具内壁之间的摩擦系数; L_1 为管坯长度; L_2 为管坯没有与内壁接触部分的长度; ΔL 为管坯与模具内壁之间实际接触的长度。

由式(5)可知,法兰体在内高压成型过程中,管坯直径 D 、摩擦系数 μ 都是常数,而管坯厚度 t 变化量不大,管内不同时刻的液体压力 p_i 可以设定为恒定值,于是,作用于冲头的轴向推力 F_i 主要取决于 ΔL ,随着管坯不断变形, ΔL 不断减小, F_i 需要不断地增大,经过实验测试,实际施加给冲头的轴向推力是 $(1.3 \sim 1.4) F_p$ 比较合理,当轴向推力偏大,而内高压偏小时,则容易使管坯出现明显无法恢复的起皱;当轴向推力偏小,内高压偏大,管壁胀形过程中会因轴向补料不足而周向被迅速拉伸变薄发生破裂;由此可见,加载路径对管件液压成型的影响非常明显,加载路径设计的目的首先是保证零件能够成形,避免或减少屈曲、起皱、折叠、破裂等缺陷的产生,尽可能地提高成型产品的质量。

3 结论

内高压成型是一种节材、节能、绿色的机械加工工艺技术,该技术对原材料依赖性较强的法兰制造行业非常适合,但内高压成型过程却十分复杂,影响因素众多,而且各种影响因素又相互制约,到目前位置仍然无法从理论上进行分析。通过实验分析发现,所有这些因素最后都集中到加载路径上,即冲头的轴向推力与内高压之间的匹配关系上,而这种匹配关系是一种动态过程,不同时刻,匹配关系是不一样的。在实际生产中排除各因素的不利影响,设计出合理的加载路径,改善法兰体的成型条件,避免出现屈曲、起皱、折叠、破裂等缺陷的出现,提高法兰体的成型质量。

参考文献:

- [1]朱伏先,张自成,李艳梅.高成型性高强度钢管制造技术的研究新动向[J].钢管,2010,39(1):35-37.
- [2]李洪洋,刘海军,吕海洋,等.管材内高压成形国内研究进展及发展趋势[J].中国机械工程,2006(10):54-59.
- [3]Kleiner M, Homberg W, Brosius A. Process and control of sheet metal hydroforming. Advanced Technology of Plasticity, Vol II, Proc. of the 6th ICTP, Sept. 19 ~ 24, 1999: 1243 - 1252.
- [4]Dohman F, Hartl C. Hydroforming: Research and Practical Application Proceedings of 2nd International Conference on Innovations in Hydroforming Technology. Ohio, USA. 1997.1.
- [5]陈维,庄千芳.管材内高压成形产品失效机理分析及对策研究[J].热加工工艺,2010,39(17):104-106.

(责任编辑:王文深)