

钣金零件折弯展开长度的计算方法

樊瑞峰, 韩涛

(一拖(洛阳)福莱格车身有限公司, 河南 洛阳 471003)

摘要:针对传统的钣金件生产中折弯展开下料效率低、误差大、成本高的问题,通过设定 K 因子参数,对折弯补偿和折弯扣除等折弯展开方式列出折弯系数表,再利用三维软件即可实现生产与设计的高度一致性。

关键词:钣金折弯; K 因子;折弯补偿;折弯扣除

中图分类号:TH16 **文献标志码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.2095-476X.2013.01.020

The calculation method of the bending length of sheet metal parts

FAN Rui-feng, HAN Tao

(YTO(Luoyang) FLAG Auto-body Co. Ltd., Luoyang 471003, China)

Abstract: Aiming at the problem of low efficiency, large error and high cost in bending of sheet metal parts production, through parameter setting with K factor, at the same time listing the bending coefficient table of bending compensation and bending deduction, the high consistency between production and design can be realized by 3D software.

Key words: bending of sheet metal; K factor; bending compensation; bending deduction

0 引言

钣金件具有质量轻、易成型和成本低等特点,广泛应用于汽车外观件、电脑机箱等产品的生产加工。钣金折弯是指通过压力设备和特制模具,将金属材料的平板料变为立体零件的加工过程。而折弯展开就是钣金折弯的逆推,通过计算钣金折弯前的状态,有利于采取合理的方法进行材料加工^[1-2]。

传统的钣金折弯件加工工艺比较粗放,没有精确的折弯展开算法,多是先近似展开并放样落料,预留大量加工余量后折弯,然后再进行切割或剪切类加工去除余料。这种加工方式工艺流程复杂、效率低、浪费材料且加工质量不易保证。

现代的钣金折弯件加工工艺要求钣金折弯展

开精确,折弯加工后无需后续切割或剪切类加工就可以成为理想的钣金折弯件^[3]。这就要求精确计算钣金折弯展开尺寸,并画出折弯展开图。本文拟通过 K 因子参数的设定,将不同情况下钣金的折弯展开计算进行简化,提高展开效率和准确度,达到在设计阶段就可以对钣金工艺性能进行全面考虑和处理的目的。

1 钣金折弯展开长度的改进算法

目前较常规的计算方法是以截面中心层计算展开长度,认为中心层就是钣金长度始终不变的一个层,其长度就是钣金折弯展开的长度,它的位置刚好在板厚的一半处,对于一些要求精度不是太高的薄板大折弯角的零件,这种计算方法相对还是比

收稿日期:2012-06-20

作者简介:樊瑞峰(1980—),男,河南省洛阳市人,一拖(洛阳)福莱格车身有限公司助理工程师,主要研究方向为钣金生产加工工艺。

较准确的. 但对于厚板小折弯角钣金零件的折弯, 由于其中心层长度并非钣金折弯展开的长度, 以它的长度下料后再折弯时经常出现零件尺寸偏大的情况. 笔者结合工作实践, 采用 K 因子、折弯补偿和折弯扣除 3 种方法对该算法加以改进.

1.1 K 因子

K 因子是指钣金内侧边到中性层距离和钣金厚度的比值. 通常板料在弯曲过程中通常外层会受到拉应力而伸长, 内层则受到压应力而缩短. 在内层和外层之间有一长度保持不变的纤维层, 称为中性层. 根据中性层的定义, 弯曲件的坯料长度应等于中性层的展开长度. 由于弯曲时坯料的体积保持不变, 所以在变形较大时, 中性层会发生内移, 这也就是不能仅仅用截面中性层计算展开长度的原因. 假如中性层位置以 p 表示 (见图 1), 则可以表示为

$$p = r + kt$$

式中, r 为零件的内弯曲半径/mm; t 为材料厚度/mm; K 为中性层位移系数.

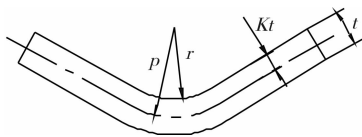


图 1 中性层的位置

钣金弯曲示意图如图 2 所示. 按中性层展开的原理, 坯料总长度应等于弯曲件中性层直线部分和圆弧部分长度之和^[4], 即

$$L = L_1 + L_2 + \pi\alpha p / 180^\circ = L_1 + L_2 + \pi\alpha(r + Kt) / 180^\circ$$

式中, L 为零件展开总长度/mm; α 为弯曲中心角/°; L_1 和 L_2 分别为零件弯曲部分起点和终点以外的直端长度/mm.

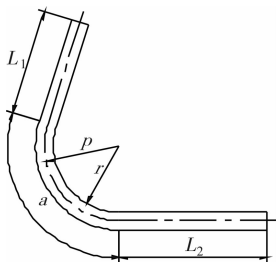


图 2 钣金弯曲示意图

按照上面的公式, 就能算出精确的折弯展开长度尺寸. 可以看出, 只要确定了参数 K , 即可计算出 L , 参数 K 则取决于钣金厚度 t 和内弯曲角 r 的大小. 它们之间存在对应关系, 一般 r/t 分别为 0.1,

0.25, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, ≥ 6 时, K 因子对应为 0.23, 0.31, 0.37, 0.41, 0.45, 0.46, 0.47, 0.48, 0.5. 一般零件的加工, r/t 数值都在 1 附近, 根据上述对应关系中 K 因子计算的钣金折弯展开长度还是很准确的. 对于 $r/t \geq 6$ 的情况, 钣金折弯时板料基本不会再发生变形, 那么中性层也就等于中心层了, K 因子也相应地变成了 0.5, 计算也相对容易很多, 唯一影响的就是折弯过程中的回弹问题. 这种繁琐的计算最适合计算机来完成, 随后出现的各种三维软件如 AutoCAD, SolidWorks, U. G., Pro/E, Catia 等也引入了钣金模块, 而 K 因子就成为了这些软件的首选参数, 合理选择 K 因子大大降低了工艺设计过程中的工作量^[5-6].

1.2 折弯补偿

折弯补偿算法是将零件的展开长度描述为零件每段直线长度和折弯区域展平的长度之和, 展平的折弯区域的长度则被称为折弯补偿值 (δ). 因此整个零件的长度计算公式为

$$L = D_1 + D_2 + \delta \tag{1}$$

其中, D_1, D_2 分别为圆弧以外的 2 段直线长度/mm; δ 为圆弧段展平后的长度/mm.

折弯补偿示意图如图 3 所示, 即把折弯零件的直线段切下来平铺, 然后再将折弯区域展平接在平铺的直线段中, 得到的长度就是展开长度^[7].

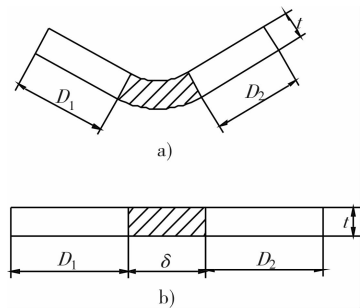


图 3 折弯补偿示意图

1.3 折弯扣除

折弯扣除, 通常是指回退量, 和折弯补偿一样, 也是一种用来描述钣金折弯展开的简单算法^[8]. 折弯扣除法是指零件的展平长度等于理论上的 2 段平坦部分延伸至交点 (两平坦部分的虚拟交点) 的长度之和减去折弯扣除 (ϵ), 其示意图如图 4 所示. 整个零件的长度计算公式为

$$L = L_1 + L_2 - \epsilon \tag{2}$$

在折弯扣除中 ϵ 是个隐性值, 不容易被直观地

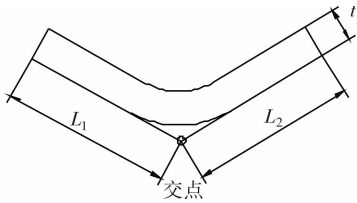


图4 折弯扣除示意图

理解,但通过实际实验可以看出 $L_1 + L_2$ 永远会大于 L ,只是根据具体情况大的值不同而已。

折弯补偿和折弯扣除实际上是同一性质的2种不同折弯展开方式,它们之间存在着一种换算关系.综合式①②可以演化出方程

$$D_1 + D_2 + \delta = L_1 + L_2 - \varepsilon \quad (3)$$

将折弯补偿和折弯扣除体现在同一张图上并在几何形状部分做几条辅助线,形成2个直角三角形,如图5所示。

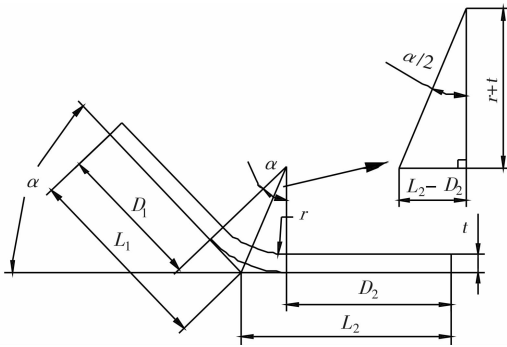


图5 折弯补偿和折弯扣除的关系

由图5可知, α 表示弯曲角,即零件在折弯过程中扫过的角度. r 表示内侧弯曲半径, t 表示钣金厚度. 用一个直角三角形将 L_1, L_2, D_1, D_2 和 α, r, t 联系起来,得出图5右上角三角形关系. 根据直角三角形各尺寸及三角函数原理,很容易得到

$$\tan(\alpha/2) = (L_2 - D_2) / (r + t)$$

经过变换,可得

$$D_2 = L_2 - (r + t) \tan(\alpha/2) \quad (4)$$

利用同样的方法,通过另一半直角三角形的关系,可以得到

$$D_1 = L_1 - (r + t) \tan(\alpha/2) \quad (5)$$

将方程④⑤代入方程③可以得到方程

$$L_1 + L_2 - 2(r + t) \tan(\alpha/2) + \delta = L_1 + L_2 - \varepsilon$$

化简后得到 δ 与 ε 之间关系式

$$\delta = 2(r + t) \tan(\alpha/2) - \varepsilon \quad (6)$$

当弯曲角度为 90° 时,由于 $\tan(90^\circ/2) = 1$,此方程可以进一步简化为

$$\delta = 2(r + t) - \varepsilon \quad (7)$$

式⑥⑦为那些只熟悉一种算法的用户提供了非常方便的从一种算法转换到另一种算法的计算公式,而需要的参数只是材料的厚度、折弯角度及折弯半径等。

2 结论

本文提出了 K 因子、折弯补偿、折弯扣除3种折弯展开方式. K 因子方式是基于折弯原理性的一种折弯展开方式,不但精确度高,还可以调入三维软件进行批量折弯展开,修改也相对方便,并可以积累建立自己的经验表格,减少了工艺人员的重复劳动工作量,也能保证生产与设计的高度一致性. 折弯补偿和折弯扣除的方法更适合直角折弯和一些经常使用不需要太多变化的场合. 导致折弯误差大的原因多数为材料设备及操作人员的素质,材料设备可以和采购厂家进行沟通解决,操作人员的素质则需要通过培训、实践或者改用精密机器人来解决. 采取哪种折弯方式更合适,还需要在使用中针对实际情况加以选择。

参考文献:

- [1] 胡志辉. Pro/Engineer 钣金展开的原理和 Y 因子的确定[J]. 机械研究与应用, 2010(5):98.
- [2] 廖敏,殷国富,罗中先,等. 实用钣金展开 CAD 系统的开发技术与应用研究[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2004(1):37.
- [3] 舒勇东,唐超,谭俊峰. 钣金折弯件快速展开工艺分析[J]. 金属加工:热加工, 2009(5):45.
- [4] 张永军. 钣金加工中折弯系数的探讨[J]. 铁道技术监督, 1999(7):35.
- [5] 葛辉,秦显柱. SolidWorks 钣金折弯在生产中的应用[J]. 大众科技, 2009(10):126.
- [6] 刘宪法. 基于 Pro/E 的钣金展开法的应用实践[J]. 制造技术与机床, 2004(1):58.
- [7] 商洪清. 钣金折弯工艺分析[J]. 金属加工:热加工, 2010(1):46.
- [8] 荆志峰,刘睿. 钣金展开方法分析及应用[J]. 纺织机械, 2010(1):43.