

钣金折弯干涉及解决方案

刘郁凤

湖南联诚轨道装备有限公司 湖南株洲 412001

摘要：针对钣金折弯过程中出现的干涉现象，提出一系列具体的解决方案。强调模具的选择、设计以及折弯工艺的重要性，并提供了创新的思路和方法来克服干涉问题，对于钣金加工技术的改进具有重要的借鉴意义和参考价值。

关键词：钣金；折弯；干涉；模具；解决方案

1 序言

折弯是钣金制造中最重要和最广泛使用的技术之一。钣金折弯工艺的基本原理是利用金属的塑性变形来制造所需形状和尺寸的零件或组件。在许多钣金结构产品中，折弯可以代替部分焊接、铆接和螺栓联接等复杂的组件结构。相对于焊接、铆接和螺栓联接来说，折弯加工更容易精确地控制板材的形状和尺寸，还具有更高的准确度和重复性，适用于制造各类小型、复杂的零件。折弯工艺所需的工装和设备相对简单，主要包括折弯机、模具等，设备操作简单，易于上手，降低了加工成本和技术门槛。相对焊接来说，对生产环境要求低，对人员素质和技能要求也较低，具有生产成本较低、可在短时间内进行大批量生产的特点，被广泛批量应用于机械工业的各个领域。折弯加工具有一定的柔性，不受板材厚度差异影响，适用于加工多种不同厚度的板材。综合来说，折弯比将两个单独的零件焊接、铆接和固定联接在一起更具美观性，具有产品工序周期短、成本效益低等优点。

由于折弯工件的复杂性越来越高，因此产品折弯的难度也越来越大。如果没有良好的工艺指导，反而达不到预期的效果。由于折弯的复杂性增大，容易发生干涉问题，导致折弯成形不能全部完成，因此，合理的折弯工艺方案、折弯模具选择和模具设计对于解决折弯干涉问题至关重要。

2 折弯干涉问题

折弯干涉主要存在于两次及两次以上折弯的产品中，具体表现在弯边与模具、设备或产品本身相碰撞，导致不能正常折弯。折弯干涉主要受零件形状、尺寸、模具、设备结构和折弯顺序的影响。

(1) 折弯边与模具干涉 主要是产品在折弯旋转过程中，折弯边与上模或下模产生碰撞干涉，造成产品无法继续折弯或变形。此类折弯问题是最常见的一种情况，也是所有钣金工艺人员进行折弯分析时首先需要考虑的问题^[1]。上模干涉如图1所示，下模干涉如图2所示。

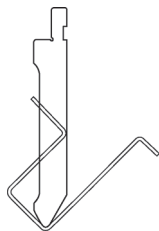


图1 上模干涉

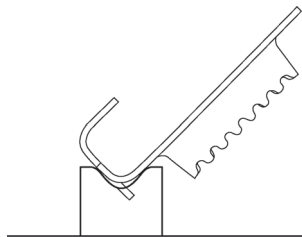


图2 下模干涉

(2) 产品和设备干涉 此种情况往往是由于几面封闭的产品折弯边过高、产品过长或是在较宽钣金中间折一个“Z”字形结构。

三面封闭折弯如图3所示，当完成长度方向两平行面的折弯后，因为产品本身折弯边过高，平行面的折弯边与上模产生碰撞干涉，因此折弯也会由此中断。该产品也不能按相邻边的顺序折弯，因为完成第一边折弯后，再折相邻边时，第一次的折弯边会与上模干涉，如果考虑把第一次的折弯边放置在折弯机的端面，则产品在定位时，折弯机左右两侧的床身会与工件定位边干涉，此时折弯机的后挡料装置无法定位。

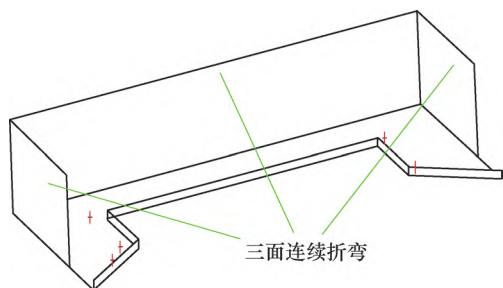


图3 三面封闭折弯

“Z”字形折弯如图4所示，看似是一种简单的“Z”字形折弯结构，但无论是先完成哪条折弯边，第二条折弯边都不可能继续折弯。第一道折弯边完成后，产品呈现为一个超大的“L”形结构，由于两条“L”边的高度过大，因此根据折弯方向，当折第二道折弯边时，第一道折弯边会朝下，会与折弯机工作台平面产生干涉问题。

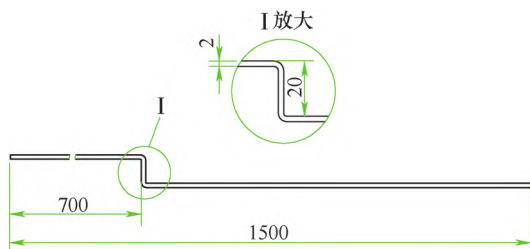


图4 “Z”字形折弯

(3) 产品折弯边和本身其他结构特征干涉 这种情况主要存在于有严格配合关系的产品中。由于折弯过程中存在积累误差及折弯回弹等因素，因此导致产品折弯干涉和角度折不到位的情况。含装配结构的折弯如图5所示，红色圆圈标记的位置都是折弯配合位置，如果宽度方向出现折弯负公差过大的

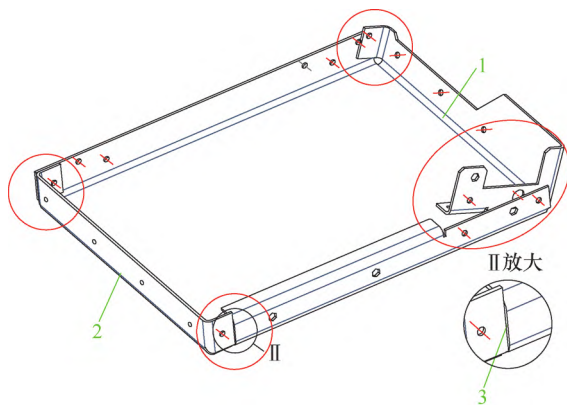


图5 含装配结构的折弯

情况，那么折弯边1和折弯边2会与宽度方向的两条折弯边发生碰撞干涉而无法合拢，在位置3处必须预留一定间隙，否则折弯边2的角度无法保证90°。

折弯干涉的问题错综复杂、形式多样^[2]，所有情况不能一一列举，上述主要列举了一些常见案例以供参考。

3 解决方案

(1) 合理选择模具和改形模具结构 弯钩模是防止折弯干涉最常用的模具。此模具结构可以很好地避免“U”形折弯结构的干涉问题，可根据“U”形产品的折弯边和底边尺寸选择或设计相应的弯钩模（见图6）。除了弯钩模，改形折弯模具也是一种防止折弯干涉的常用方式。模具改形的形式多种多样，可以根据产品干涉的情况具体分析，可以是上模，也可以是下模，具体表现为在模具上加工缺口、开孔等。改形折弯模具时，要充分考虑模具改形后的强度是否满足使用要求，若模具上缺口、开孔过大，则模具很容易变形，会大大降低模具的使用寿命，同时也无法保证产品的精度要求^[3]。改形模具如图7所示。

有时弯钩模也无法避免折弯干涉，那么这时就可以采取增加压线（或刨槽折弯）工艺：先在折

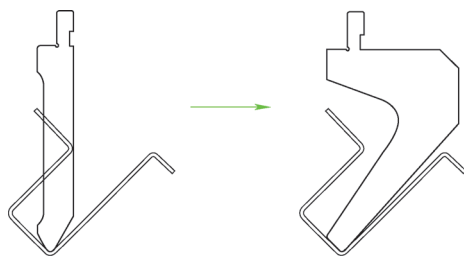


图6 弯钩模



图7 改形模具

弯线上压一条印迹（或是在折弯线位置加工一条“V”形槽，深度一般控制在板厚的80%，刨“V”形槽的角度要比实际成形角度大 2° ，这是由于折弯成形时材料会有反弹，预留 2° 的间隙便于加工时控制角度）。压线工艺如图8所示。可先将此道折弯线折到一定角度，目的是为了避免后续折弯碰刀干涉，最后再把压线折弯边压至 90° ，刨槽折弯如图9所示。一般情况下，压线工艺可以应用到折弯不能一次完成的结构，当第二次折弯时，压线位置能更好地按照原来折弯线的位置成形，否则容易出现二次折弯偏位问题，或是折弯角度控制不好的现象。由于刨槽折弯工艺的缺点是容易出现折弯断裂，因此在考虑使用该工艺时，需要根据具体加工需求进行判断和选择。

(2) 合理安排折弯工艺路线 在很多情况下，

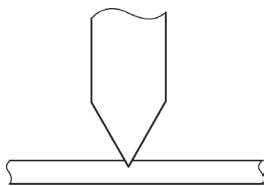
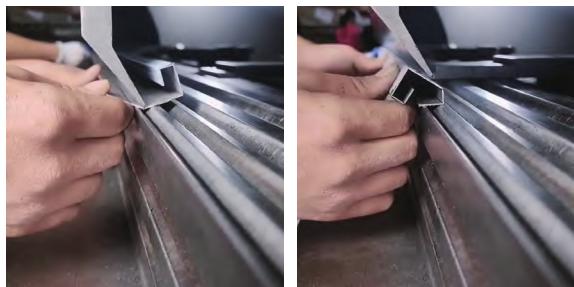


图8 压线工艺



a) 刨槽预折弯

b) 刨槽折弯校正

图9 刨槽折弯

合理的折弯工艺顺序可以大大减少折弯干涉和需要特殊模具的要求。例如图4所示折弯，可以先把其中一道 90° 的折弯边预折弯到 135° 左右（见图10），然后把第二道折弯边折到 90° ，最后把 135° 折弯边继续折弯到 90° ，完成产品的折弯^[4]。

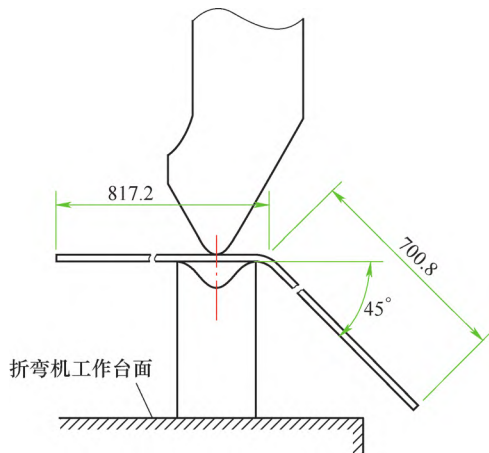


图10 预折弯示意

在图5所示的折弯干涉中，合理的折弯顺序是决定这个工件能否加工出来的关键因素。对于折弯边数较多和复杂工件的折弯顺序的分析，可采用逆向倒推的思维方法，从保证折弯不干涉的角度出发，先确定最后一道折弯边，再往上推理分析倒数第二道折弯边，依次类推。图5中折弯边1、折弯边2只能是最后两道折弯边，否则折弯上模无法达到红色标记4个角落的位置，由此得出该工件折弯顺序如图11所示。

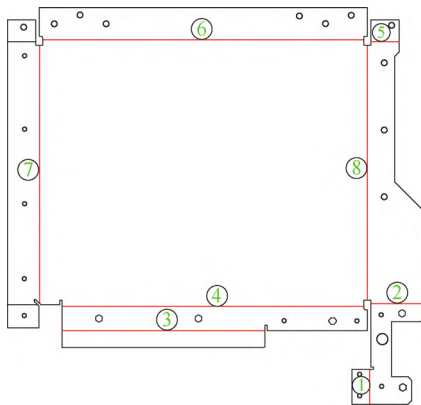


图11 折弯顺序

增加工艺预折弯也是一种有效解决折弯干涉的常用措施。其方法是在折弯干涉位置增加一道反向折弯，一般角度不会太大，具体看折弯干涉的程度。工艺预折弯过程如图12所示。

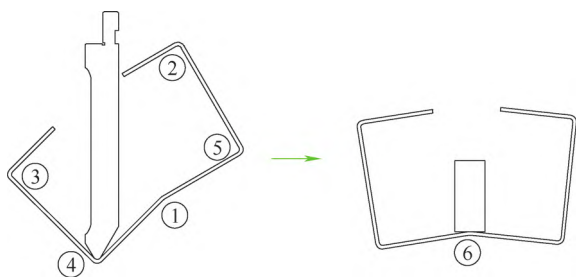


图12 工艺预折弯过程

(3) 选择合适的折弯设备 随着设备日新月异的发展,折弯设备也变得多种多样。根据加工方式的不同,折弯机可以分为上弯式和下弯式两种类型。上弯式折弯机压板在上方,适用于薄板材的折弯;下弯式折弯机压板在下方,适用于厚板材和大型工件的折弯。折弯产品的工艺分析必须建立在熟悉设备各项性能的基础上,必须了解清楚设备的结构特点,熟知折弯机的长度行程、高度行程、后挡料行程及工作台面的宽度等,这些参数都是折弯干涉的影响因素。

(4) 设计特殊折弯模具结构 对于复杂结构的折弯工件,往往需要根据产品设计来制作专用的非标模具。非标模具结构形式多种多样,可以是单体异形模具(见图13),也可以是多个零件组装而成的运动机构。

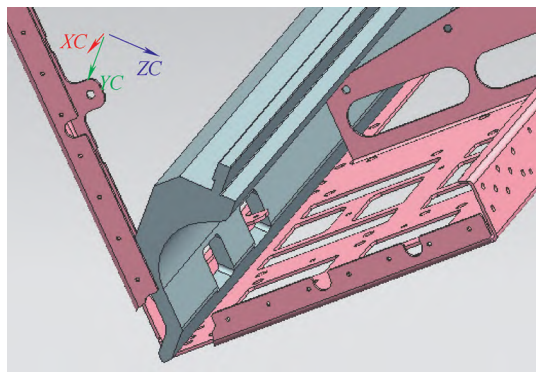


图13 非标单体异形模具

(5) 优化折弯结构设计 对于一些钣金结构的产品设计,往往更多侧重于关注产品的性能、功能和外观等,其结构并不一定具有良好的工艺性。针对这种结构的钣金折弯,需要在保证产品本来结构、尺寸和性能等的前提下,对产品折弯边、焊缝结构等进行工艺优化处理,从而实现产品良好的工艺性^[5]。图14所示为某机车灯罩结构,是一种先折

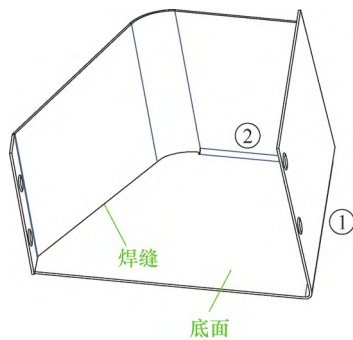


图14 某机车灯罩结构

弯、后焊接的三面包围结构,折弯边①和折弯边②与底板成锐角,在没有特殊模具的情况下,很难实现折弯成形。

将焊缝边和折弯边②进行结构上的优化,将原有焊缝边设计成折弯边,折弯边②设计为焊缝,其工艺性立刻得到了提升,一是折弯难度瞬间降低,折弯干涉问题也得到解决;二是焊缝长度缩短到原长度的55%,成本降低,效率也得到了很大提高。

4 结束语

本文列举的折弯产品结构简单,从多方面揭示了折弯的基本原理和折弯干涉的情况,提出相应的工艺解决方案,并能在应用过程中举一反三。折弯工艺是一门实践性很强的学问,在生产制造中会不断遇到各种新的问题。解决折弯干涉的措施有很多种,需要多方面综合考虑,结合生产、制造、成本和周期等选取适合方案,从而提高产品质量和生产效率。

参考文献:

- [1] 商洪清. 钣金折弯工艺分析[J]. 金属加工(热加工), 2010(1): 46-50.
- [2] 江春林. 零件折弯干涉问题分析与举措研究[J]. 机械工程师, 2014(1): 206-208.
- [3] 谢小娜, 徐世东, 杜丁. 巧用数控折弯机模具[J]. 舰船科学技术, 2006(S1): 73-75.
- [4] 李成, 许超. 基于案例推理的折弯排序方法研究[J]. 锻压装备与制造技术, 2015(3): 76-80.
- [5] 李青. 对钣金折弯结构工艺性设计的探讨分析[J]. 电工文摘, 2013(4): 15-17.

MW 20240925