

Abstract

In sheet metal forming, the determination of shape and dimension of blank is the precondition of analysis of part's deformation, process of design and drawing up of process rules. Appropriate blank shape can eliminate unevenness of blank deformation, improve forming limit, reduce high of earing and volume of cutting. Besides, for those forming parts, if we can get accurate shape and dimension of blank, it will reduce try times. Accordingly manufacture cycle will be shorten and productivity will be improved.

A scale coefficient method based on the FEM has been proposed to predict the optimum blank in sheet metal forming in this thesis. In order to improve the precision of results and reduce iterate time, at adjusting the original curve, this method isn't giving the same adjustment, but giving the corresponding adjustment based on calculation of scale coefficient and shape error of each node to the curve. The one-step method is used to calculate the original curve. This method can get original blank curve directly from part shape and compute very fast. Combining these two methods to predict the shape and dimension of blank, we can get accurate result at little time.

In the last chapter of this thesis, we introduce two kinds of sheet metal parts. One is forming part which require very accurate prediction of blank shape, the other is drawing part which need just approximate prediction of blank shape. We apply the scale coefficient method to predict the blank shape of these two kinds of sheet metal parts. This method is proved to be reasonable by practice. Besides, it can also be applied to predict trimming line of sheet metal parts.

Key words: sheet metal part; blank develop; scale coefficient method;
one-step method; trimming line

目 录

学位论文原创性声明和学位论文授权使用授权书	I
摘要	II
Abstract	III
第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 冲压成形的基本原理	2
1.3 板料展开研究的概况	3
1.4 课题的研究意义及目的	5
1.5 本文的主要研究内容	6
第 2 章 常见的板料展开方法	7
2.1 经验法	7
2.2 滑移线场法	7
2.3 势场模拟法	9
2.3.1 电模拟法	9
2.3.2 流体模拟法	9
2.3.3 热传导模拟法	9
2.4 几何映射法	10
2.5 有限元增量法	12
2.6 有限元逆算法	12
2.6.1 单元应变	13
2.6.2 板料的本构关系	13
2.6.3 有限元方程的建立及求解	14
2.7 结构进化算法 (ESO)	15
2.8 流线法 (SLM)	15
2.9 反馈补偿算法 (Roll-Back Method)	16
第 3 章 比例因子优化法	17
3.1 比例因子优化法的基本思想	17
3.2 定义形状误差	19
3.3 偏置初始轮廓线	20
3.4 调整初始轮廓线	20

3.5 程序实现	21
3.6 比例因子法的优点	22
第 4 章 比例因子法在板料展开中的应用	24
4.1 目标轮廓线的确定	24
4.2 初始轮廓线的确定	26
4.2.1 有限元模型的建立	27
4.2.2 初始轮廓线的生成	28
4.3 冲压过程仿真的设置	28
4.4 其他参数的设置及迭代精度	29
4.5 无凸缘方形盒的板料展开	30
第 5 章 应用实例	34
5.1 汽车前横梁的板料展开	34
5.1.1 初始条件	34
5.1.2 板料展开	35
5.1.3 板料优化	36
5.2 油底壳的板料展开	40
5.2.1 初始条件	40
5.2.2 板料展开	41
5.2.3 板料优化	42
5.3 翼子板修边线的确定	46
5.3.1 初始条件	46
5.3.2 板料展开	47
5.3.3 板料优化	48
结论	52
参考文献	53
附录 A 攻读硕士学位期间发表的论文	56
致谢	57

第 1 章 绪 论

1.1 引言

冲压成形，是材料加工的基本方法之一，用以生产各种板料零件，具有生产率高、尺寸精度高，成本低和易于实现机械化与自动化等特点，在现代汽车、航空、航天、仪表、船舶及家用电器等国民经济的各部门占据十分重要的地位。据统计，板料经过成形后创造了相当于原材料价格12倍的附加价值，在整个国民生产总值，与板料成形有关的产品约占总值的四分之一^[1,2]。

汽车覆盖件包括覆盖汽车发动机、底盘、构成驾驶室及车身的厚度3mm以下的薄钢板冲压而成的表面和内部零件，其重量占到汽车用钢材总量的50%以上^[3]。汽车覆盖件具有材料薄、形状复杂、多为复杂的空间曲面、结构尺寸大和表面质量高等特点。在冲压时板料的变形情况复杂，故不能按一般拉伸件那样用拉伸系数来判断和计算它的拉伸次数和拉伸可能性，且需要的拉延力和压料力都较大，各工序的模具依赖性大，模具的调整工作量也大。汽车覆盖件成形过程中板料上的应力应变分布情况非常复杂，成形质量影响因素较多。从变形方式看，板料的成形是拉延、翻边、胀形、弯曲等多种变形方式的组合过程。对一个给定的零件来说，一套合理的模具和工艺方案的确定，不仅要靠实践经验和理论计算，还往往离不开反复地试模和修模。

目前，板料冲压过程的计算机分析与仿真技术（非线性有限元分析技术）已能在工程实际中帮助解决传统方法难以解决的模具设计和冲压工艺设计难题，如计算金属的流动、应力应变、板厚、模具受力、残余应力等，预测可能的缺陷及失效形式，如起皱、破裂、回弹等。在汽车覆盖件的设计中采用数值模拟技术能从设计阶段准确预测各种工艺参数对成形过程的影响，进而优化工艺参数和模具结构，缩短模具的设计制造周期，降低产品生产成本，提高模具和冲压件产品品质。

冲压件的板料形状作为冲压成形的一个重要参数，直接影响到成形零件的质量。合理地选择钣金零件的毛坯外形，除可以提高板料的成形性，还可以提高材料利用率，减少成形后的修边工作量。毛坯外形的确定问题早于上世纪50年代就已提出，许多研究者提出了多种板料成形毛坯计算方法。但是这些方法在实际使用中仍然存在一些问题，因此，结合冲模CAD系统的开发，需要进一步研究更加快捷、简便的展开方法。

1.2 冲压成型过程的基本原理

传统的冲压成型工艺与模具设计方法不仅耗时多、费用高，而且产品质量往往难以保证。传统设计方案中这些重大缺陷的根源，在于它无法合理计算冲压过程中板料的弹塑性变形。我们知道冲压成型的原理，在于使毛坯材料按一定方式产生永久的塑性变形，从而获得所需形状和尺寸的零件。这一过程的实现是通过模具对工件的法向接触力和切向摩擦力来完成的。因此冲压成型过程包含了非常复杂的物理现象，概括起来它涉及力学中的三大非线性问题^[4]：

- (1) 几何非线性（冲压中板料产生大位移、大转动和大变形）；
- (2) 物理非线性（又称材料非线性，指材料在冲压中产生的弹塑性变形）；
- (3) 边界非线性（指模具与工件产生的接触摩擦引起的非线性关系）。

这些非线性现象的综合，加上不规则的工件形状，使得冲压成型过程的计算非常棘手，是传统方法无法解决的问题。计算机技术和有限元方法（FEM）的同步发展，为复杂的工程计算问题提供了崭新的途径。

薄板冲压成型过程包含了多个复杂的物理过程，如板料的弹塑性变形过程，板料与模具的摩擦磨损过程，摩擦生热及热传导过程，冲击声波的传输过程等。所有这些过程都有一定的相互关系，只是程度不同而已，如模具磨损与摩擦过程的关系密切，而与冲击波的产生和传递关系极小。在所有的这些物理过程中，我们最关心的是板料的弹塑性变形过程，与这个过程紧密相关的有：

- (1) 模具与板料的接触与摩擦过程；
- (2) 模具和压板的运动过程；
- (3) 压力机加载过程等。

由于在薄板冲压成型过程中，模具的刚性通常远远大于板料的刚性，因此模具的变形相对板料的变形来说极小，可以忽略不计。

归纳上述分析，可将薄板冲压成型过程抽象成这样一个力学过程，它包含四种特性不同的运动物体，如图 1.1 所示，其中物体 1 为上模，物体 2 为压板，物体 3 为板料，物体 4 为下模。

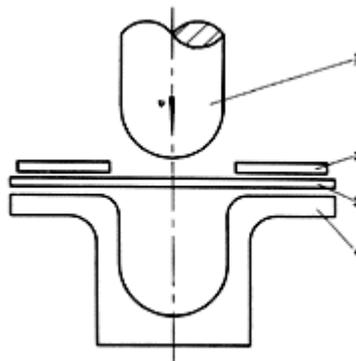


图 1.1 薄板冲压成型的典型力学模型

1-上模（动模）；2-压板；3-板料；4-下模（定模）