目 录

第一章 绪论.....1

1.1 拉深概述 1
1.1.1 一般拉深工艺过程概述..... 2
1.1.2 其它的拉深方法..... 5
1.1.3 拉深过程中的常见问题..... 8

1.2 拉深最近研究进展 12
1.2.1 拉深理论研究进展..... 12
1.2.2 计算机技术在拉延中的应用..... 15
1.2.3 拉深的工艺研究..... 15
1.2.4 拉深的装置研究..... 16

1.3 液压拉深技术的发展及现状 17
1.3.1 拉深成形原理..... 17
1.3.2 板液压成形技术特点..... 18
1.3.3 板液压成形分类..... 19
1.3.4 板液压成形技术的发展..... 20
1.3.5 液压拉深的应用现状..... 33

1.4 本课题的研究内容 35
1.4.1 问题的提出..... 35
1.4.2 本论文的组织路线..... 36
1.4.3 本论文的研究内容..... 36

第二章 盒形件拉深研究的进展.....38

2.1 成形机理 38
2.1.1 盒形件变形特点..... 39
2.1.2 拉延极限..... 39
2.1.3 应力状态..... 40
2.1.4 板料各向异性对成形的影响..... 41

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.1.5 成形过程 41
2.2 工艺研究 42
2.2.1 压边力控制 42
2.2.2 拉延筋 44
2.2.3 板材对成形的影响 44
2.2.4 组合工艺参数 45
2.2.5 成形过程 46
2.3 毛坯外形及尺寸的确定 47
2.3.1 滑移线法 48
2.3.2 模拟法 49
2.3.3 边界元法 50
2.3.4 理想成形方法（Ideal Forming） 50
2.3.5 有限元法 51
2.3.6 其它 52
第三章 盒形件的拉深过程的数值模拟 54
3.1 板坯参数 55
3.2 几何模型的建立 55
3.3 DYNAFORM 有限元软件简介 56
3.3.1 板材成形的动态显式有限元法 56
3.3.2 eta/DYNAFORM 简介 57
3.4 传统拉深过程的数值模拟 59
3.4.1 工艺参数 59
3.4.2 模拟结果 61
3.4.3 和 Joachim Danckert 的实验对比 63
3.5 液压拉深过程的数值模拟 63
3.5.1 工艺参数 64
3.5.2 模拟结果 FLD 图 65

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3.6 液压拉深过程与传统拉深过程的对比 65
3.6.1 盒形件的壁厚..... 65
3.6.2 冲头力比较..... 68

第四章 各个参数对液压拉深成形的影响及液压拉深装置.....69

4.1 各个参数对液压成形的影响 69
4.1.1 初始预胀形对成形的影响..... 69
4.1.2 冲头与毛坯的距离大小对成形的影响..... 71
4.1.3 成形过程中液体压强对成形的影响..... 72
4.1.4 冲头与上压边圈内圈之间的侧隙对成形的影响..... 74

4.2 液压拉深装置及模具 75
4.2.1 液压拉深装置..... 75
4.2.2 基于悬浮模架的液压拉深模具..... 77

第五章 结论.....79

5.1 结论 79

5.2 后续工作 80

参考文献.....81

致 谢.....90

摘 要.....91

ABSTRACT.....94

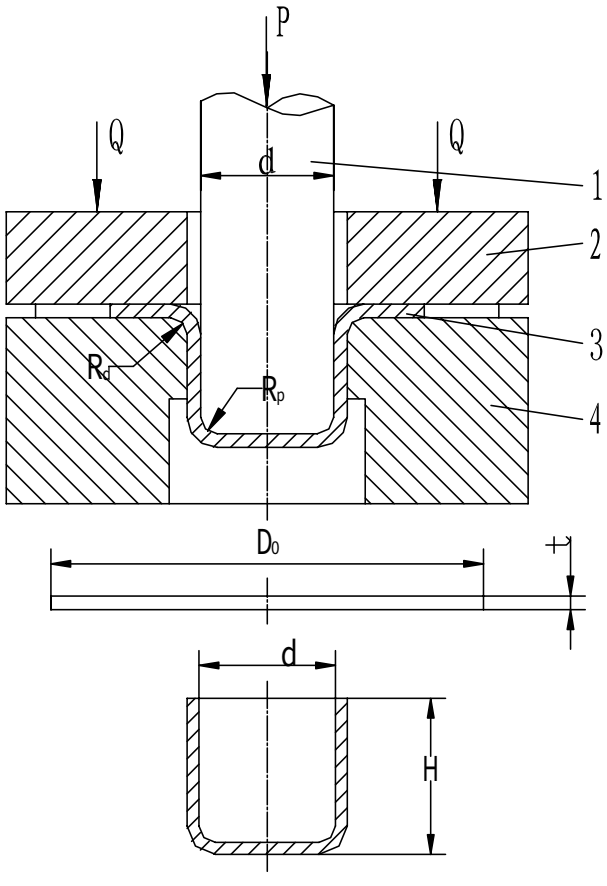
© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

第一章　绪论

1.1　拉深概述

拉深也称拉延，是利用模具使冲裁后得到的平面毛坯变成为开口的空心零件的冲压工艺方法[1]。

拉深过程如图 1-1 所示，它的工作部分由凸模、凹模、压边圈等三部分组成。凸模与凹模的工作部分都没有锋利的刃口，而是做成一定的圆角半径，并且其间的间隙也稍大于板料的厚度。在凸模的作用下，原始直径为 D_0 的毛坯，在凹模端面和压边圈之间的缝隙中变形，并被拉进凸模与凹模之间的间隙里形成空心零件的直壁。零件上高度为 H 的直壁部分是由毛坯的环形部分(外径为 D_0，内径为 d)转化而成的，所以拉深时毛坯的外部环形部分是变形区，而底部通常是不参加变形的，称之为不变形区。



1. 凸模 2. 压边圈 3. 毛坯 4. 凹模

图 1-1　拉深过程

用拉深工艺可以制成筒形、阶梯形、锥形、球形、方盒形和其它不规则形状的薄壁零件；如果与其它冲压成形工艺配合，还可能制造形状极为复杂的零件。拉深件的可加工尺寸范围相当广泛，从几毫米的小零件直到

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

轮廓尺寸达 2~3 米，厚度达 200~300 毫米的大型零件，都可以用拉深方法制成。因此，在汽车、飞机、拖拉机、电器、仪表、电子等工业部门以及日常生活用品的冲压生产当中，拉深工艺占据相当重要的地位。

在冲压生产中拉深件的种类很多，由于其几何形状的特点不同，虽然它们的冲压过程都叫做拉深，但是变形区的位置、变形的性质、变形的分布、毛坯各部分的应力状态和分布规律等都有相当大的，甚至是本质上的差别，所以确定工艺参数、工序数目与顺序，以及设计模具的原则和方法都不一样。各种拉深件按变形力学的特点可分为：圆筒形零件(指直壁旋转体)、曲面形状零件(指曲面旋转体)、盒形件(直壁非旋转体)和非旋转体曲面形状零件(如大型覆盖件)等四种类型。

1.1.1 一般拉深工艺过程概述

每种零件都有自己在变形上的特点，因而可以用相同的观点和方法去研究同一类型拉深件的冲压成形问题。对不同类型的拉深零件，虽然它们的成形过程在生产中都习惯地叫做拉深，但是，它们在变形上有根本性的差别，所以出现的质量问题的形式和解决的方法，以及工艺参数的含义和确定的原则等也不一样，因此必须分别处理。

1. 圆筒件拉延工艺

旋转体零件都是采用圆形毛坯，其直径按面积相等的原则计算（不考虑板材的厚度变化）。计算毛坯尺寸时，先将零件划分为若干便于计算的简单几何体，分别求出其面积后相加。

由于拉深零件的高度与其直径的比值不同，有的零件可以用一道拉深工序制成，而有些高度大的零件，则需要进行多次拉深工序才能制成。在进行冲压工艺过程设计和确定必要的拉深工序的次数时，通常都利用拉深系数作为计算的依据。拉深后零件的直径 d 与拉深前毛坯直径 D_0 之比称为拉深系数 m，并用下式表示：

$$m = \frac{d}{D_0}$$

在制定拉深工艺过程时，为了减少工序数目，通常都希望采用尽可能

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net