

冲裁间隙对断面质量的仿真研究

沈彪 张德强 国世帅 孙文豪

(辽宁工业大学机械能与自动化学院 辽宁 锦州 121001)

摘要: 通过有限元软件 ABAQUS 模拟对 Q235 材料的冲孔过程, 得到板料变形过程中所受冲裁力的大小变化曲线和板料的冲裁截面变形轮廓。选定以 20% 板料厚度为冲裁间隙, 文章分析了板料的冲孔变形过程和冲裁力的变化过程, 研究了冲裁间隙对断面质量的影响。选择合适的冲裁间隙对提高产品质量有一定的指导意义。

关键词: 有限元; 仿真分析; 冲裁间隙; 断面质量

0 引言

冲裁是利用冲模的刃口使板料沿一定的轮廓线产生剪切变形并分离, 冲裁在冲压生产中所占的比例最大。随着冲裁工艺水平的不断提高, 许多方面对冲裁件质量的要求也越来越高。在板料冲裁的过程中, 冲裁件质量受到很多因素的影响, 其中有冲裁间隙、模具结构、工件材料及冲裁速度等, 而对冲裁件质量影响较大的是冲裁间隙。

冲裁加工是一个瞬间就能完成的复杂塑性变形过程, 除了剪切后的变形外, 其间还存在拉伸、压缩和弯曲等多种变形过程。近几十年来, 随着现代计算机数字技术和图形处理技术的飞速发展和广泛应用, 有限元法广泛应用在塑性加工中, 使得有限元数值模拟成为很好的研究手段。

本文采用 ABAQUS 有限元分析软件对厚度为 3mm 的 Q235 板料的冲裁过程进行有限元模拟, 通过改变冲裁间隙, 研究冲裁过程中冲裁力的变化曲线和断面形成过程, 分析冲裁间隙对断面质量的影响, 使其具有一定的理论意义和工程实用价值。

1 有限元数值模拟

1.1 问题描述

本文所研究的是厚度为 3mm 的板料的冲裁过程, 其材料是 Q235 碳素结构钢, 冲孔直径为 12mm。冲裁过程如下: 当冲裁凸模与金属板料发生接触后, 板料发生弹性变形, 在此阶段, 材料的弹性极限数值高于材料的内部应力数值; 随着冲头行程的增加, 板料发生塑性变形, 在此阶段, 金属材料只会发生塑性的流动; 当冲头挤入金属板料一段的位移, 板料发生断裂分离, 在此阶段, 金属材料开始产生裂纹, 首先在冲头和凹模刃口附近发生裂纹, 随后裂纹产生汇合。以冲头直径为冲孔

件公称直径, 通过改变凹模的直径来改变冲裁间隙, 以便完成不同冲裁间隙条件下的 Q235 板料冲裁的有限元数值模拟。

1.2 有限元建模

可直接在有限元软件 ABAQUS/CAE 的 Part 模块参数化建模, 将以上冲孔过程简化为 3 个部分: 冲头、凹模和板料。简化后的模型如图 1 所示。

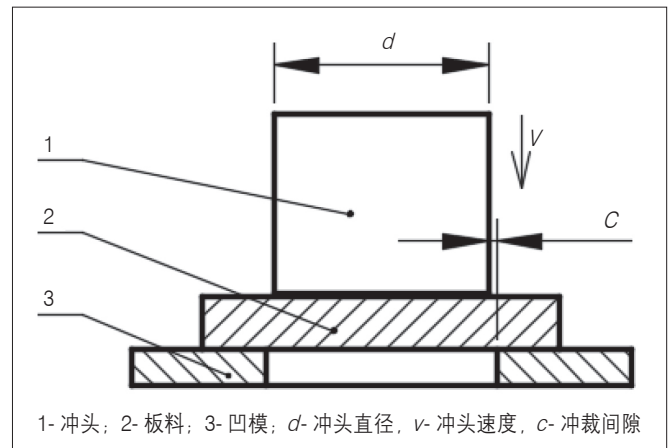


图 1 板料冲孔模型

在冲裁过程进行模拟时, 为了使计算量变小, 分析的过程更加高效, 将有限元模型进行必要的简化。冲头和凹模均设置为刚体, 网格通过在边线上双向偏置 (Double) 控制单元尺寸, 更加细化冲裁间隙附近的网格, 最小的网格尺寸为 0.05mm, 冲头速度为 15mm/s。由于冲孔过程是一种典型的对称问题, 故采用二维轴对称结构。

2 冲裁变形过程分析

通过有限元软件 ABAQUS 进行模拟冲孔过程, 得出如图 2 所示的冲裁力 - 行程曲线。在不同冲裁间隙的模拟中, 各曲线图差别细微。因此, 以 20% 板料厚度

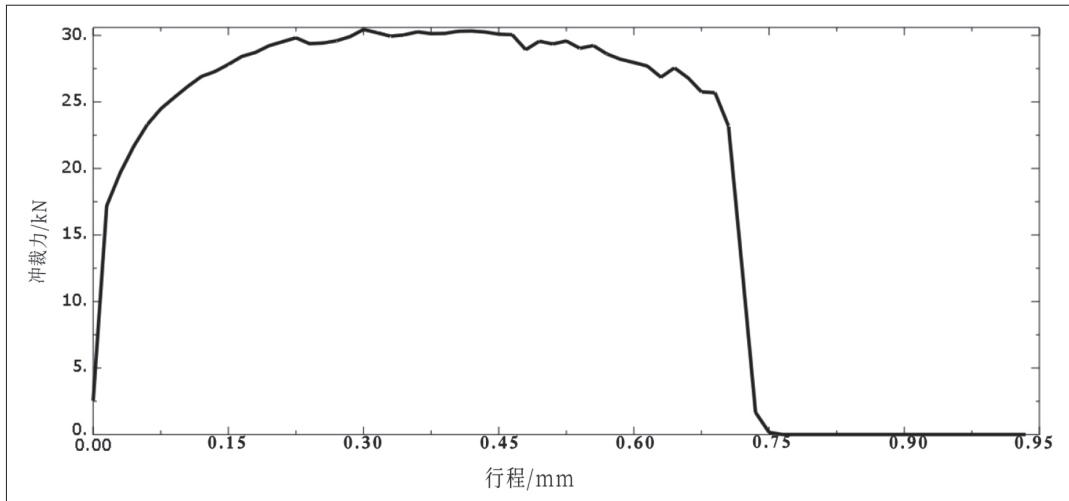


图2 冲裁力-行程曲线

为冲裁间隙为例，分析此过程中冲裁力的变化、断面质量等，研究冲孔过程的变形行程。

由图2可知，当冲头接触到板料时，冲裁力快速增长直至最大，之后冲裁力有所降低直至为0。在冲孔的变形过程中，一般包括弹性变形、塑性变形和断裂分离3个阶段。首先是弹性变形阶段，从冲头与板料接触开始，板料内部应力逐渐增大，直到弹性极限才算结束弹性变形，在此阶段若冲头卸除作用力后，板料会恢复到最开始的形状特征。随着冲头的不断深入，冲裁力不断增加，冲裁进入塑性变形阶段，板料只会发生塑性的流动，而不会发生材料断裂的裂纹，但是越接近板料的表面，拉伸弯曲作用越明显，故会产生一定的圆角带。随着冲裁力的不断增大，板料变形中受剪切作用最大，故会产生光亮带，冲裁力达到最大，停止产生光亮带，才算结束塑性变形，开始断裂分离阶段。在断裂分离阶段，冲裁力不断减小，冲头挤入板料一段的位移，在刃口处首先产生微小的裂纹，裂纹沿着材料最大切变速度方向不断延伸，裂纹逐渐产生汇合，故会产生断裂带，由于拉裂作用的存在，此阶段也会产生一定的毛刺。

3 冲裁间隙对断面质量的影响

影响断面质量的因素有很多，冲裁间隙是最重要的因素之一，要想得到很好的断面质量就需要合理的冲裁间隙。本次有限元模拟中分别将冲裁间隙设置为板厚的10%、15%、20%、25%和30%共5组数据，其他参数相同。以圆角带高度、光亮带高度和断裂角为指标，得出板料的断面轮廓（图3），根据不同的冲裁间隙测出的每组指标见表。

3.1 冲裁间隙对圆角带的影响

冲裁间隙越大则圆角带越大。当冲头的刃口深入板料时，板料发生弯曲与伸长的变形，就会使得板料被拉入凹凸模间隙而出现圆角带。随着凹凸模间隙的不断增

加，金属材料所受弯曲与伸长的作用就越大，故圆角带就会越大。图4所示为冲裁间隙对圆角带的影响。

3.2 冲裁间隙对光亮带的影响

冲裁间隙越大则光亮带越小。随着冲孔过程的不断深入，板料进入塑性变形阶段，板料受到的剪切作用占主导地位然后出现光亮带。光亮带长短是表现断面

表 板料断面轮廓测量指标

冲裁间隙	圆角带高度 b/mm	光亮带高度 f/mm	断裂角 α /($^{\circ}$)
10%t	0.26475	1.88462	2.06
15%t	0.31349	1.65648	2.48
20%t	0.38255	1.38562	2.97
25%t	0.42548	1.16985	3.36
30%t	0.49216	0.98464	3.72

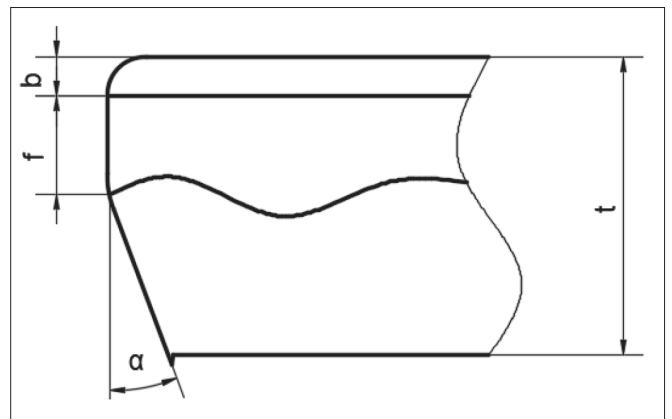


图3 板料断面轮廓

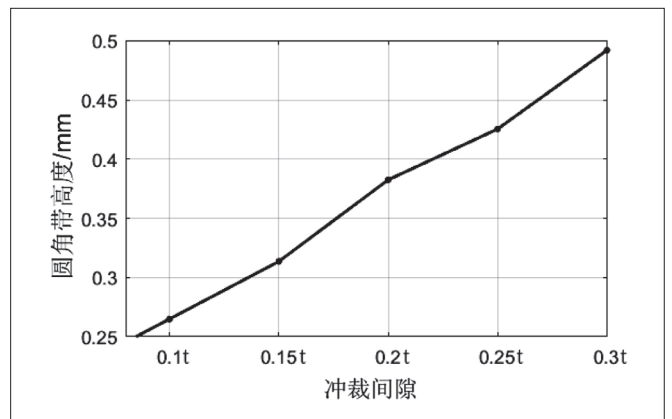


图4 冲裁间隙对圆角带的影响

质量好坏的一个重要指标，也会随着板料塑性的增强而变长。当冲裁力达到最大开始降低时，板料受的剪切作用减弱，而受拉伸和弯曲的作用增大，故会出现撕裂带，因此光亮带也就会变短。图5所示为冲裁间隙对光亮带

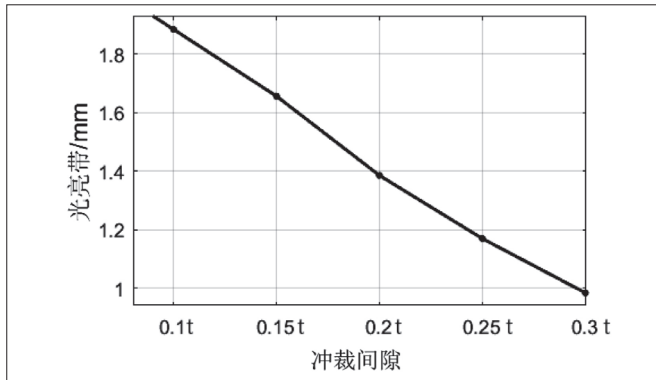


图5 冲裁间隙对光亮带的影响

的影响。

3.3 冲裁间隙对断裂角的影响

冲裁间隙越大则断裂角越大。断裂角即断裂带相对于板料垂直的斜度，断裂角的存在使得断面质量降低。由于冲头的不断深入，板料产生裂纹之后，慢慢向中间扩展直至汇合，使得板料断裂分离然后出现断裂带。当凸凹模间隙较大时，裂纹汇合处就会离凸凹模刃口侧面较远，使得断裂角较大。图6所示为冲裁间隙对断裂角的影响。

4 结语

通过 ABAQUS 软件模拟不同冲裁间隙下的冲孔过程，针对每一个冲裁间隙，分析金属板料的断面质量，得出如下结论：

(1) 利用有限元软件 ABAQUS 对 3mm 厚 Q235 碳素结构钢进行冲孔过程的有限元模拟，其模拟结果对提高产品质量有一定的指导意义；

(2) 冲裁间隙由小变大时，冲裁后的板料圆角带逐

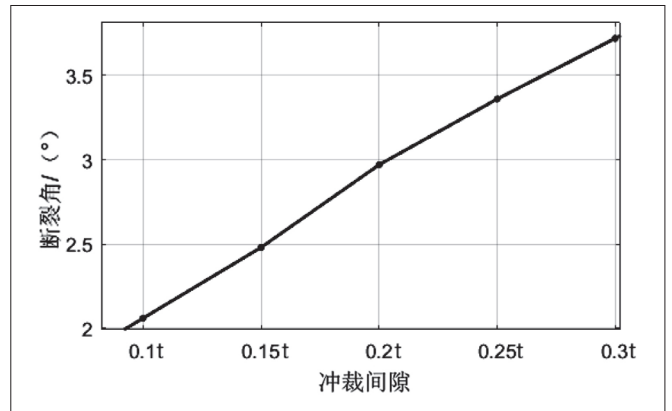


图6 冲裁间隙对断裂角的影响

渐变长，光亮带逐渐变短，断裂角逐渐变大，断面质量变得较差。

参考文献：

[1] 张磊, 牛秋林, 安庆龙, 等. 冲裁间隙与速度对冲裁件质量影响的实验研究 [J]. 模具制造, 2011, 11 (03): 23-25.

[2] 肖作义, 房晓东. 对影响冲裁件质量的几个参数的讨论 [J]. 锻压机械, 2001, 36 (01): 13-14+1.

[3] 张磊. 金属冲裁毛刺的形成机理及控制工艺研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2011.

[4] 孙静. 板料冲裁工艺参数优化与仿真预测的研究 [D]. 天津: 天津大学, 2017.

[5] 陈晶晶. 基于有限元模拟的预减振盖板冲裁工艺参数优化的研究 [D]. 苏州: 苏州大学, 2017.

[6] 李鹏元, 樊瑜瑾, 郑海涛, 等. 冲裁间隙对断面轮廓影响的研究 [J]. 机械制造, 2017, 55 (10): 73-76.

作者简介：沈彪（1997.03-），男，汉族，河北保定人，硕士研究生在读，研究方向：机电液系统设计与智能控制。