

中国机械工程学会锻压学会第五届冲压学术年会论文集

南昌·1998年6月

冲压加工技术

最新进展

主编 李硕本 卢险峰 于连仲

江西高校出版社

冲压加工技术最新进展

中国机械工程学会锻压学会
第五届冲压学术年会 论文集

主编： 李硕本 卢险峰 于连仲

编委： 涂光祺 扶名福 王焱山

张倩生 胡伟丽 崔明伟

周贤宾 杨 合 赵振铎

肖祥芷 高 济

江西高校出版社

南昌·1998年6月

冲压加工技术最新进展

主编 李硕本 卢险峰 于连仲

江西高校出版社

(江西省南昌市洪都北大道96号)

邮编:330046 电话:(0791)8512093,8519894

各地新华书店经销

南昌大学(南区)印刷厂印刷

1998年5月第1版 1998年5月第1次印刷

787mm × 1092mm 1/16 14印张 355千字

印数:400册

定价:32.00元

ISBN 7-81033-852-8 / TG·2

(江西高校版图书如有印刷、装订错误,请随时向承印厂调换)

第五届全国冲压学术年会

主办：中国机械工程学会锻压学会

冲压学术委员会

承办：南昌大学

江铃汽车集团

时间：1998年6月7日~9日

地点：南昌江铃宾馆

编 者 的 话

中国机械工程学会锻压学会冲压学术委员会成立并开展工作有近 30 年的历史。30 年来,在从事冲压加工的广大科技工作者的关心与支持下,学术委员会全体委员团结一致,克服了诸多困难,为国内新技术推广和国内外学术交流作出了不懈的努力,对我国冲压生产技术的发展与学术的进步,起到了促进作用。

为适应经济发展形势和开展国内、国际学术交流的需要,冲压学术委员会决定,从本届学术年会开始,将正式出版相应的学术论文集,以便更加有效地开展学术交流活动 and 新技术推广工作,同时也可起到鼓励大家积极参与学会工作的作用。

本届年会得到了同行们的热情支持与积极参与,经过对征集到的论文进行审查,共录用论文 50 篇。论文集分为四部分:一. 冲压加工原理;二. 冲压工艺、模具及设备;三. 冲压中计算机技术的应用;四. 冲压技术发展动向与趋势。这些论文反映了近四年多来我国冲压行业最新的科研成果和生产经验,其中有些文章对世纪末国外的水平、动态也有所联系和报道。故将论文集定名为“冲压加工技术最新进展”。

南昌大学、江铃汽车集团、江西省教委、江西高校出版社、江西省机械工业厅以及江西省机械工程学会等单位对本届年会召开、本论文集的出版,给予了鼎力协助,对此谨致由衷感谢。由于我们的能力有限、经验不足,工作中肯定存在一些问题,论文集中也难免有不当之处,敬请大家提供宝贵的改进意见。

编 者

一九九八年五月十五日

目 录

第一部分 冲压加工原理

圆锥形件冲压成形机理研究	姜海峰 高士友 李硕本 赵 军(3)
冲压分离工序的定义及工件断面组成特征	卢险峰 雷 声 王 勇(7)
精冲工艺变形过程的有限元分析	李大超 郑鹏飞 陈联州(11)
板料成形数值模拟中的弹塑性有限元方法	杨玉英 徐伟力 金朝海 郭 刚(15)
管圆角模轴压成形自由变形区形状的有限元模拟	靳迎军 杨 合 孙志超(19)
方盒形件成型过程的摩擦规律研究	罗思东 何丹农 程 鹏 张德军 阮雪榆(23)
板坯磁脉冲胀形数值模拟及几何参数影响的研究	黄尚宇 常志华 吴妮花 王仲仁 张 猛(28)
胀形 T 形管件内部型腔体积变化量的确定	胡福森(33)
凹模圆角处坯料变形的试验分析	高士友 姜海峰 马丽霞(36)

第二部分 冲压工艺、模具及设备

研究拉深速度对成型工艺的影响	何丹农 沈利冰 程 鹏 阮雪榆 周勤祖 李 谨(43)
抛物线形拉深件的充液拉深工艺研究	赵振铎 于艳秋 贾玉玺 赵国群 王同海 胡风光(47)
操作方式对镜面蒙皮拉形质量的影响	万 敏 周贤宾 李晓星 伍 忠 朱德波(51)
帽形型材绕弯断面精度控制	李春峰 高国峰 徐伟力 杨玉英(55)
两步法冲裁降低噪声的实验研究	揭小平 马霄君 卢险峰 徐明发 吴永东(59)
基于切向滚压法的管材端部成形研究	黎俊初 曾传铭 胡德峰 孙俊明(62)
CPT、CDT 用销钉冲压模具及工艺改进	李振生 于孟辰 范 涛 刘万里(66)
弯头挤压工艺	张世俊 杨立镇 刘大军 周照耀(69)
600MW 机组再热热段大直径热压弯头的研制	刘凤红(74)
冲压成形润滑剂成膜原理及配方选择	赵振铎 张忠诚 赵国群 贾玉玺 王同海 胡风光(78)
汽车刮水器连杆头部成形工艺及模具设计	傅烈钧(82)
多型面钢瓦冲压成形工艺与质量控制对策	肖小事 孙友松 廖毅娟 章争荣(86)
浅谈汽车纵梁及覆盖件成形模具结构及设计要点	常 春 周亚伟 廖学勇(90)
表冷器肋片自动送料级进模的设计	成 虹 李学锋(93)
深拉深零件局部压缩变形对拉深系数的影响	曾健华(98)
变薄引伸变薄率的确定	刘贵面(100)
带有熔丝保护的电磁成形机固有参数的测定	赵志衡 李春峰 王永志 郭 斌 于连仲(103)
卧式拉延压力机传动机构的优化设计	罗中华 潘建伟 梅亚夫 郭燕伶(107)
液压剪板机和液压折弯机常见故障及排除方法	黄俊豪(111)

第三部分 冲压中计算机技术的应用

人工神经网络在板料成形性研究中的应用	王立东 胡世光(117)
多工步板料成形过程的计算机仿真	夏欣 卫原平 冯建华 钟卫龙(121)
薄板成形 FEM 分析中隐式和显式的比较	美国 MARC 分析研究公司(126)
拉深件特征建模技术的研究	肖祥芷 张忠 李建军(132)
锥形件智能化拉深实验系统	赵军 曾宏强 马丽霞 李硕本(136)
板料成形 CAD/CAE 系统集成的关键技术	卫原平 沈启成 王玉国 赵泰林 阮雪榆(140)
Mindlin 壳单元在板料成形过程数值模拟中的应用	郭刚 徐伟力 金朝海 杨玉英(145)
面向制造的钣金零件设计	李峰 周雄辉(149)
级进模结构 CAD 中装配设计理论研究	盛自强 肖祥芷 温建勇 肖景荣(154)
镶拼冲模 CAD 系统形状描述模型的建立	陈勇 游步东 徐铭政 卢险峰(158)
冲孔翻边工艺的计算机辅助设计	严乐 贺津庆(162)
汽车车架零件 CAPP 系统的研究与应用	吴若华 夏巨谨 周佳雄(166)
知识的层次模型在冲模设计中的应用	姚华 陈军(170)
拉形模拟软件的前后置处理系统	李晓星 李玺莹(176)
冲模结构事例的框架/规则复合表示模型	林建平 彭颖红 阮雪榆(180)

第四部分 冲压技术发展动向和趋势

三维精冲件的开发	涂光祺 殷长河 袁贺强(187)
薄板成形技术研究现状	朱丽萍 李新军(189)
从日文杂志的特集看其冲压技术的发展	卢险峰 王勇 康达昌 郭斌(193)
虚拟仪器技术及其在塑性加工中的应用	王丽娟 周天瑞(196)
板料成形回弹模拟计算研究进展	张晓静 周贤宾(200)
板料成形数值模拟的接触搜索模型研究进展	王晓林 周贤宾(206)
冲压技术之国内外近况与趋向	卢险峰(210)

第一部分

冲压加工原理

1914

1914

圆锥形件冲压成形机理研究

姜海峰 高士友 李硕本 赵军

(燕山大学锻压研究所 066004)

摘要 本文从金属质点变形的分析出发,研究了圆锥形零件冲压成形过程中毛坯主要变形区域(悬空锥壁部分)的变形特点及实质。在跟踪金属质点位移轨迹的基础上,揭示了毛坯变形区各质点贴模位移与应变间的关系,从而明确提出了圆锥形件的成形机理。

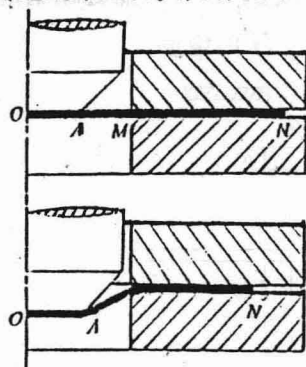
关键词 圆锥形件 冲压过程 贴模位移 成形机理

1. 引言

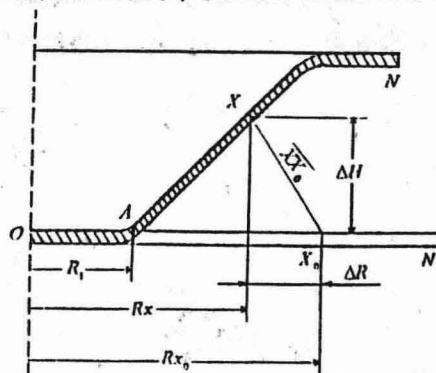
曲面形状零件在冲压件中属一种典型类别,它的成形特点与规律是研究曲面形状冲压件(如汽车覆盖件等)的基础。所以,这类零件的研究工作受到各国有关学者的重视。由于过去对这类零件冲压成形的特点认识不够深入,未能从本质上对其变形特点及成形规律进行分析,因而在生产实际中遇到了许多困难^[1-3]。圆锥形零件是冲压生产中较为典型的零件,对其成形机理的研究是正确确定其工艺参数的基本条件;另一方面,揭示其成形机理,也可为进一步深入地研究曲面类零件的成形奠定基础。

2. 圆锥形件成形过程分析

图(1)是圆锥形件拉深成形过程示意图。 ON 是原始毛坯,呈平面状。 AO 是毛坯上最先与凸模端面接触的部分,这部分毛坯在成形过程中受双向拉应力作用,一般情况下其变形不大,而且始终维持其平面形状。 AM 部分是原始毛坯上凹模口内的悬空部分,成形中呈自由状态,不受凸、凹模约束。 MN 部分,是受压边圈和凹模约束的法兰部分,其变形情况与圆筒形件完全相同。成形过程中,随着凸模的下降, AM 部分各变形质点,在毛坯 OA 部分传递过来的冲头力作用下,产生向凸模表面贴靠的位移,毛坯由平面状逐渐变



图(1)圆锥形件拉深成形过程



图(2)贴模位移分析

成锥面。当凹模口内所有悬空部分（包括压边圈下流入的部分）都与凸模表面贴靠后，锥形件锥面部分的冲压成形过程结束。

3. 贴模过程中毛坯的位移与变形

图(2) 为圆锥形件贴模位移分析图。 X_0 点是原始毛坯上悬空部分的任一金属变形质点， X 点是它与凸模表面贴靠的位置， $\overline{XX_0}$ 就是变形质点 X_0 在整个贴模过程中的位移，简称贴模位移。为了进一步分析成形过程，把贴模位移 $\overline{XX_0}$ 分解为水平方向上的位移分量 ΔR 及垂直方向上的位移分量 ΔH 。

水平位移分量 ΔR 是变形质点 X_0 变形前位置与变形后位置在水平方向上的坐标值差，称作径向位移($\Delta R = R_x - R_{x_0}$)。径向位移 ΔR 是成形过程中， X_0 点位置上的金属(以 R_{x_0} 为半径的整个圆周上的各金属质点)在经向(沿圆锥壁母线方向)应力及纬向应力的共同作用下产生的水平方向上的靠模位移。

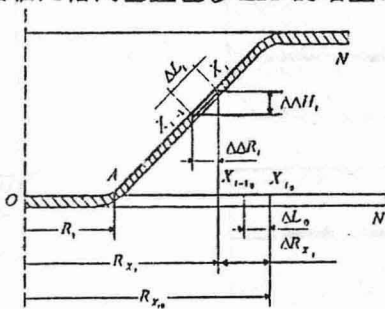
垂直位移分量 ΔH 是质点 X_0 变形终了位置与变形前位置在垂直方向上的坐标差值，简称垂直位移($\Delta H = H_x - H_{x_0}$)。垂直位移 ΔH 是成形过程中， OX_0 范围内的金属(以 R_{x_0} 为半径部分各金属点)在经向拉应力作用下产生的垂直方向上的靠模位移。

4. 成形机理

将原始毛坯均匀地划分为 n 个同心圆网格，相邻同心圆半径之差为一个网格间距 ΔL_0 。图(3)为锥形件成形过程中各变形质点的位移与变形分析示意图， X_{i_0} 、 X_{i-1_0} 为原始毛坯同心圆网格上相邻两点， X_i 、 X_{i-1} 分别为它们与凸模表面贴靠的位置，假设锥壁为直线，根据几何条件， X_i 点处的经向应变为：

$$\varepsilon_r = \ln \left(\frac{\Delta L_i}{\Delta L_0} \right) = \ln \left(\frac{\sqrt{\Delta \Delta R_i^2 + \Delta \Delta H_i^2}}{\Delta L_0} \right) \quad (1)$$

式中： ΔL_i 是变形后 X_{i_0} 点处相邻网格间的距离； $\Delta \Delta R_i$ 是 X_{i_0} 点处相邻网格间径向位移 ΔR 的增量； $\Delta \Delta H_i$ 是 X_{i_0} 点处相邻网格间垂直位移 ΔH 的增量。



图(3) 位移与变形分析

可见, 变形毛坯上各金属质点垂直方向上的靠模位移, 是 X_{i_0} 点以内各金属质点在应力作用下, 产生的沿圆锥母线方向上经向变形的作用, 而致使各质点在垂直方向上相对位置发生变化的结果。同理, X_i 点处的纬向应变值为:

$$\varepsilon_{\theta} = \ln \left(\frac{R_{X_i}}{R_{X_{i_0}}} \right) = \ln \left(\frac{R_{X_{i_0}} - \Delta R_{X_i}}{R_{X_{i_0}}} \right) \quad (2)$$

由式 (1)、(2) 可知, 毛坯上各变形质点径向位移 ΔR 是各质点在经向和纬向应力作用下产生的纬向变形的结果。由于毛坯悬空部分各点上作用的经向应力和纬向应力的分布不均匀, 所以各点上的纬向变形和径向位移是相应变化的。其结果在宏观上表现为平面状毛坯逐渐地改变成为倾斜的锥面形状, 这就是锥面的成形机理。

5. 实验结果分析

图 (4)、图 (5) 分别为用图 (1) 所示模具, 对 ST12 钢板进行冲压成形时, 实际测到的原始毛坯上悬空变形区各质点纬向应变 ε_{θ} 与相应径向位移 ΔR 的关系及经向应变 ε_r 与相应垂直位移 ΔH 的关系图。成形条件为: 压边力 100 kN; 毛坯直径 250mm; 毛坯厚度为 0.8mm; 凸模直径 96mm; 凹模直径 160mm; 拉深高度为 44.94mm; 机油润滑。

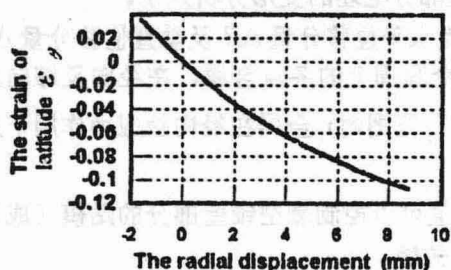


图 (4) 纬向应变与径向位移 ΔR 的关系

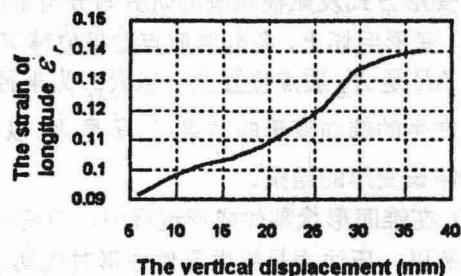


图 (5) 经向应变与垂直位移 ΔH 的关系

图 (6)、图 (7) 为用图 (1) 所示模具对 ST12 钢板进行冲压成形时, 实际测到的原始毛坯上悬空变形区内各质点贴模时的径向位移 ΔR 和垂直位移 ΔH 的分布图。成形条件同前。

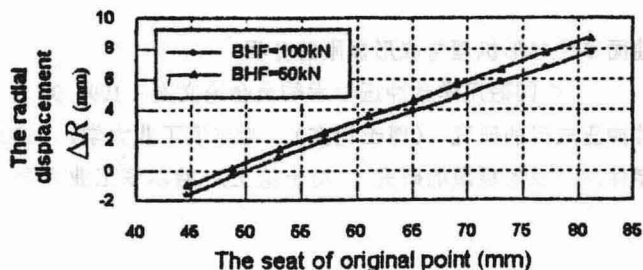


图 (6) 悬空变形区各质点贴模径向位移分布

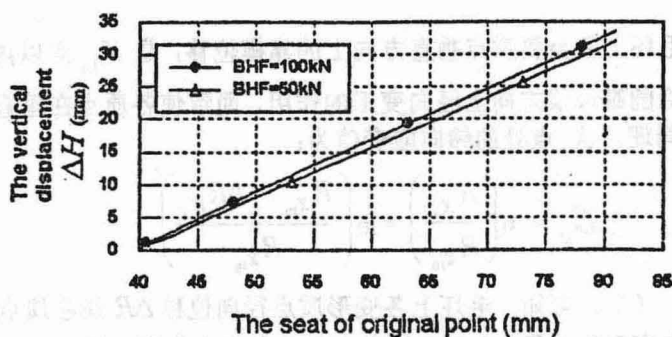


图 (7) 悬空变形区各质点贴模垂直位移分布

从图 (6)、图 (7) 中可见, 圆锥形零件成形过程中, 实测各变形质点贴模径向位移、垂直位移是不同的。而且压边力的变化会引起各相应点贴模径向位移量、垂直位移量发生变化。所以, 圆锥形零件成形过程中, 压边力是控制成形过程的十分有效的方法。

6. 结论

(1) 圆锥形零件成形过程中, 悬空锥壁部分的成形是变形主要部分, 圆锥形零件的成形机理、变形方式及贴模轨迹的研究与分析都应从这部分毛坯的变形分析入手。

(2) 变形毛坯上, 各金属质点贴模位移可分解为水平位移分量 ΔR 及垂直位移分量 ΔH 。其中, ΔR 是 X_0 质点位置上 (以 R_{x_0} 为半径的整个圆周上的各点金属, 在经向及纬向应力作用下产生的纬向变形的结果; ΔH 是 X_0 以内 (OX_0 范围内) 金属在经向拉应力作用下产生的经向伸长变形的结果。

(3) 在锥面形状零件成形过程中, 改变压边力值可以控制悬空锥壁部分的贴模 (成形) 过程。所以, 压边力是锥面零件成形时成功与否的关键。

参考文献

- 1 李硕本, 冯贵荣 曲面零件成形机理与成形极限的分析
中国锻压学会冲压学术委员会论文集, 1994, 9
- 2 李春峰 曲面零件冲压成形的研究 (博士论文). 哈尔滨工业大学, 1993, 4
- 3 万敏 圆锥形零件冲压成形极限的研究 (博士论文). 哈尔滨工业大学, 1995, 5

冲压分离工序的定义及工件断面组成特征

卢险峰

雷 声

王 勇

(南昌大学 330029) (安徽纺机器材公司 230061) (江铃汽车集团 330001)

摘 要 本文就冲压加工中分离技术部分的基本工序进行了明确的定义和归纳,并对这些基本工序加工工件断面组成的主要特征作出了比较。

关键词 冲压分离加工 基本工序 定义 工件断面组成

现今有关冲压加工及其模具设计技术的教科书、论著、论文等资料中,对冲压分离加工方法有很多的讲述、报道和介绍。但是,对冲压分离工序的系统化与分类还不很深入,对其基本工序的定义也不够全面或存在一些欠明确之处,影响了冲压加工技术的进步,也不太适应冲压加工技术与计算机技术相结合的发展需要。

为此,笔者在文章^[1]中对冲压分离工序按其变形机理提出了一种分类认识的方法;本文为在前人研究成果、例如^[2~7]的基础上,结合生产实际中的需要和经验,进一步对分离加工基本工序较全面地给予明确的定义,并就其工件断面组成的主要特征作出较直观的比较。以期对冲压分离加工工艺知识结构系统化起到一种完善作用和参考作用,促进冲压加工技术进一步发展。

1、冲压分离基本工序的定义

依据冲压分离加工分为4类的变形机理及所属基本工序的理论,并基于前人的工作,现就其冲裁、整修、精密冲裁和半精密冲裁4类分离加工及其基本工序的名称、定义归纳如下,详见表1。

表1. 冲压分离基本工序的定义

类别及工序名	定 义
冲裁 Blanking	通过一对工具(通常叫模具)的工作零件——冲头与凹模,利用冲压设备加压力于其间的被冲材料,使之在一定间隙的刃口处产生剪切等变形,进而分离破断的冲压分离加工方法。
切断 shearing(notching)	用冲头、凹模(或上、下刀刃)使平板坯料沿不封闭的轮廓线断裂分离的一种冲裁加工。
切口 lancing	使坯料沿不封闭轮廓线部分地断开、而不完全分离成两部分的一种冲裁加工。
剖切 parting	将半成品坯料件按其剖面断裂分离成几个部分的一种冲裁加工。
落料 blanking	使平板坯料沿封闭的轮廓线断裂分离(落下去的部分为工件)的一种冲裁加工。
冲孔 piercing	使平板坯料沿封闭的轮廓线断裂分离(冲下去的部分为废料)的一种冲裁加工。

类别及工序名	定 义
切(修)边 trimming	将半成品坯料件不规整或多余的边缘部分切离掉的一种冲裁加工
整修 Shaving	利用压力机的动力,通过冲模装置,对冲裁件的断面部分进行再加工的冲压分离加工方法。
外缘整修 inslde shaving	对落料件的外缘部分进行再次冲切的一种整修方法。
内缘整修 inslde shaving	对冲孔件的内缘部分进行再次冲切的一种整修方法。
精密冲裁 Fine Blanking	在冲裁的基础上,采取了强烈的齿圈压边与反顶力、近乎零的小间隙及有小圆角刃口等工艺措施而实现板料塑性分离的冲压分离加工方法。
精冲落料 blanking of FB	用精密冲裁方法得到落料件的一种加工。
精冲孔 piercing of FB	用精密冲裁方法得到冲孔件的一种加工。
半精密冲裁 Sime-Fine Blanking	基于冲裁并采用了类似于精密冲裁中的部分工艺措施或其它工艺措施而实现板料分离破断的冲压分离加工方法。
小间隙圆角刃口冲裁 small clearance - round blanking	采用接近于零的小间隙、且凹模或冲头刃口有小圆角形状而进行的一种冲裁方法。
负间隙冲裁 negative clearance blanking	采用负间隙(即冲头直径稍大于凹模直径),且凹模或冲头刃口有小圆角形状而进行的一种冲裁加工。
上、下冲裁 up - and - down blanking	使用两对冲头与凹模依次从上、下两个方向冲切板料完成其断裂分离过程的一种冲裁加工。
对向凹模冲裁 blanking with opposed dies	用一平刃凹模与一带凸台凹模的对向运动冲切板料,待板料临近断离时由顶出器使之完全断离的一种冲裁加工。
挤压式冲裁 extruded - type blanking	将冲头或凹模做成台肩式、实现一半正间隙、一斗负间隙的且有较强烈压边及反顶力的一种使板料断离的冲裁加工。
胀拉冲裁 bulge - tensinle blankin	采用带筋压板及反顶器、一刃口为小圆角、但为大间隙(比冲裁最大间隙大很多)条件,对极薄板材料实现断裂分离的一种冲裁加工。

2、分离加工件断面组成的特征

人所共知,各种冲裁件的断面是由4部份组成的,如图1所示。即由塌角、剪切面、断裂面和毛刺部分组成。这种断面组成,还加上弯拱、尺寸精度及斜度等工件质量问题,就使得它们难

以作为传动结构件与外观装饰件。于是,后来就先后出现了整修,精密冲裁和各种半精密冲裁的加工方法。

整修主要是针对冲裁件断面上有存在有粗糙的断裂面问题而出现的一种再加工。整修工件的断面为较光亮的切削面,但仍存在有切削毛刺,参见图 1。

精密冲裁工件的断面为光亮的塑性分离面,也有一定程度的塌角和毛刺,不过这种挤压毛刺薄而长,容易去除掉,参见图 1。当然,精冲件的质量指标(弯拱、尺寸精度、斜度)为分离加工中最好者。

半精密冲裁的加工条件较之精密冲裁要宽松些,因而较而实现。虽然半精冲件质量相应也要差一些,但工件断面组成有一定的特征(参见图 1),其中:

小间隙圆角刃口冲裁与负间隙冲裁都是得到剪切与切削分离的光洁断面,所以亦叫它们为光洁冲裁,但也有毛刺存在。

对向凹模冲裁可得到较光亮的切削与塑性分离的断面,仍有毛刺;而上、下冲裁则得到完全没有毛刺的断面,但其断面不很完整,中间有一层粗糙的断裂面。

挤压式冲裁是得到切削与塑性分离的光亮断面,也有毛刺^[8]。

胀拉冲裁适用于极薄板材料零件需要没有毛刺或极微小毛刺的场合,其工件断面为不平整的断裂面^[9]。

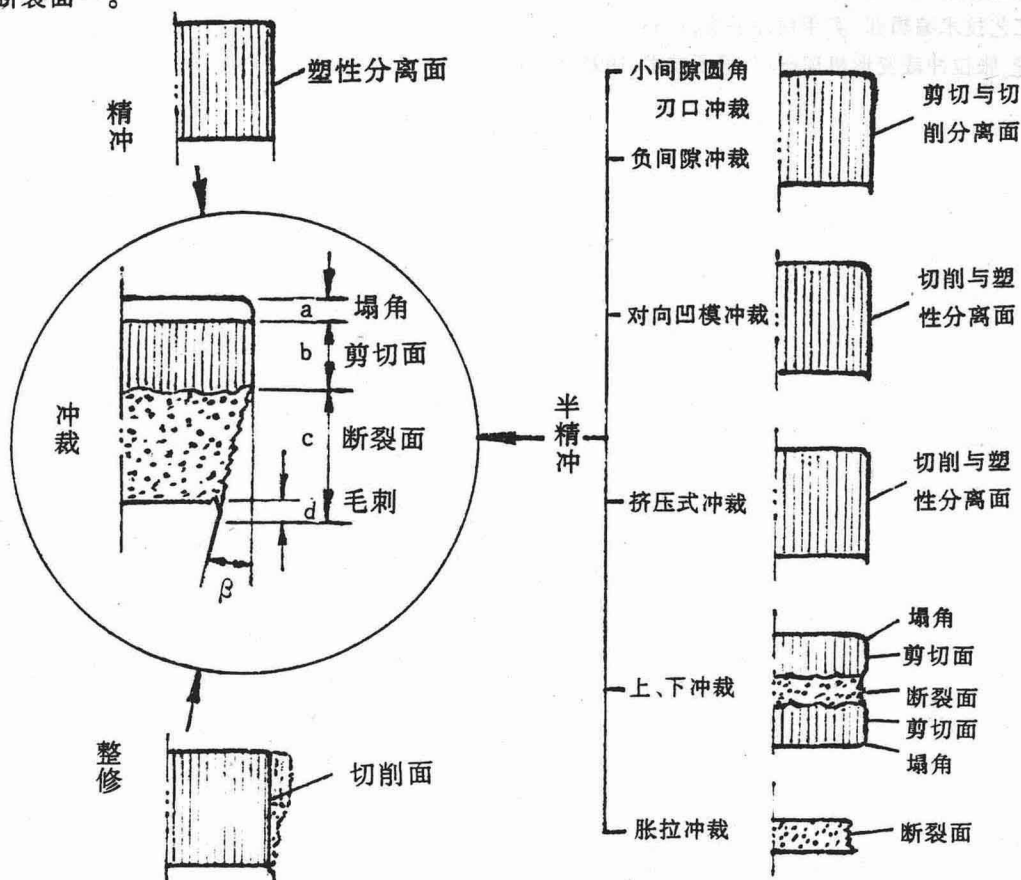


图 1 分离加工基本工序件断面示意

图1对冲压分离加工中的4类加工及其基本工序件的断面组成特征作了直观的比较(图中除对冲裁件标注了其塌角部分外,其它工序件也画出有不同程度的塌角部分,仅省略了标注而已),它可成为实际生产中选择不同冲压分离加工方法的一种指导和考虑依据。

此外,按照本研究理论,未把下列一些工序作为基本工序,而是作为基本工序的派生、延伸或组合。比如,国内外所谓的叠料整修、振动整修、拉刀式整修、多级凹模整修、简易上下冲裁等,应属相应的内、外缘整修及上、下冲裁的派生或延伸;国内所谓复位精密冲裁,多层凹模精密冲裁,简易精冲法等均应为冲裁与整修形式的组合和应用。

参 考 文 献

- [1]卢险峰.板料冲压分离工序的分类.塑性工程学报. Vol. 5 No. 3, 1998
- [2]李硕本.冲压工艺学.北京:机械工业出版社. 1981
- [3]肖景荣、姜奎华.冲压工艺学.北京:机械工业出版社. 1990
- [4]姜奎华.冲压工艺与模具设计.北京:机械工业出版社. 1997
- [5]中川威雄ほか.薄板のプレス加工.東京:实教出版株式会社, 1977
- [6]新プレス加工データブック編集委員会.新プレス加工“データブック”,東京:日刊工業新聞社. 1993
- [7]В. П. Романовский. Справочник по Холодной Штамповке. Ленингр: Издательство(машиностроение). 1979
- [8]电子工艺技术编辑部.实用精冲手册, 1983
- [9]卢险峰.胀拉冲裁变形机理研究.锻压技术. 1995 No. 6

