

# 冲压技术

100例

〔日〕吉田弘美等著

吉林人民出版社

## 出版说明

遵照伟大领袖和导师毛主席关于“洋为中用”的教导，我们出版了《冲压技术一百例》一书。

本书译自日本《冲压技术》杂志1973年4月号。全书通过一百个例题，对冲压加工中经常出现的问题，结合现场实例进行了具体分析，通俗的解说，易于使人受到启发，对从事冲压专业（包括冲压件设计、冲压工艺制定以及冲模的设计、制造和调整等）的工人和技术人员均有一定的参考价值。

书中例1—28是冲裁；例29—62是拉延；例63—74是弯曲；例75—100是其它一些内容。

在翻译时，译者对原文个别明显的错印做了更改，有些多义词为力求全书统一，根据其具体内容和我国的习惯说法也进行了必要的改动。

译文中如有不妥之处，请读者批评指正。

吉林人民出版社

一九七七年九月廿九日

---

# 目 录

|                 |    |
|-----------------|----|
| 1. 毛刺大          | 1  |
| 2. 毛刺难以消除       | 3  |
| 3. 冲模磨损与产品精度的关系 | 4  |
| 4. 断面粗糙         | 8  |
| 5. 挠曲           | 12 |
| 6. 精密冲裁模寿命短     | 14 |
| 7. 圆角、毛刺、弯曲     | 16 |
| 8. 冲垂直孔         | 19 |
| 9. 冲小孔          | 22 |
| 10. 同时进行冲裁和整修加工 | 25 |
| 11. 冲细长孔        | 27 |
| 12. 细长臂的冲裁      | 29 |
| 13. 凸模脱落        | 32 |
| 14. 凸模折断        | 34 |
| 15. 废料上升和堵塞     | 36 |
| 16. 精密剪断加工      | 39 |
| 17. 冲制接近边缘的孔    | 41 |
| 18. 平直剪切        | 43 |
| 19. 窄条剪切        | 46 |
| 20. 切断尺寸不一致     | 48 |
| 21. 双边切断        | 50 |
| 22. 冲裁力的计算      | 53 |
| 23. 加工极限        | 56 |
| 24. 光洁冲裁和挤压冲裁   | 58 |

|                  |     |
|------------------|-----|
| 25. 精密冲裁         | 60  |
| 26. 往复冲裁         | 63  |
| 27. 斜刃口          | 64  |
| 28. 切口效应         | 66  |
| 29. 防止拉延裂纹       | 67  |
| 30. 侧壁裂纹         | 83  |
| 31. 防止拉延皱纹       | 85  |
| 32. 消除冲击线的方法     | 96  |
| 33. 球形件的拉延皱纹     | 99  |
| 34. 侧壁回弹         | 102 |
| 35. 拉延件底部鼓起      | 106 |
| 36. 拉延件的底塌陷      | 108 |
| 37. 盒形件侧壁凹陷      | 110 |
| 38. 耳            | 112 |
| 39. 耳的高度不定       | 115 |
| 40. 壁部厚度不均       | 117 |
| 41. 拉延件的形状、尺寸精度低 | 119 |
| 42. 拉延模磨损严重      | 123 |
| 43. 局部成形裂纹       | 128 |
| 44. 摩擦高温粘结       | 131 |
| 45. 浅盒形拉延件底面的变形  | 133 |
| 46. 浅拉延件壁部的松弛、收缩 | 134 |
| 47. 侧面擦伤         | 136 |
| 48. 不锈钢难拉延       | 138 |
| 49. 时效裂纹         | 140 |
| 50. 表面粗糙         | 142 |
| 51. 反射面零件加工的难点   | 146 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 52. 反拉延 .....             | 148 |
| 53. 锥形拉延件的侧壁不光滑 .....     | 149 |
| 54. 理想凸缘的加工 .....         | 152 |
| 55. 油使板料粘连 .....          | 154 |
| 56. 拉延模的压料装置 .....        | 158 |
| 57. 无压料的拉延极限 .....        | 160 |
| 58. 盒形拉延件的破坏极限和拉延高度 ..... | 163 |
| 59. 提高极限拉延比的方法 .....      | 166 |
| 60. 拉延筋的使用方法 .....        | 169 |
| 61. 旋压成形加工 .....          | 171 |
| 62. 变薄拉延 .....            | 173 |
| 63. 减小回弹 .....            | 175 |
| 64. 弯曲件的尺寸精度 .....        | 177 |
| 65. 弯曲件孔的位置精度 .....       | 186 |
| 66. 弯曲后出现挠度和扭转 .....      | 192 |
| 67. 弯曲端面不平 .....          | 195 |
| 68. 弯曲部的厚度变薄 .....        | 197 |
| 69. U形弯曲件底部弯曲 .....       | 199 |
| 70. 板厚对弯曲尺寸的影响 .....      | 201 |
| 71. 弯曲高度不稳定 .....         | 203 |
| 72. 弯曲擦伤 .....            | 208 |
| 73. 弯曲模的磨损 .....          | 210 |
| 74. 冷轧方向和弯曲方向的关系 .....    | 213 |
| 75. 板的铆接 .....            | 216 |
| 76. 胶木板的铆接 .....          | 217 |
| 77. 保持校平效果的时间短 .....      | 219 |
| 78. 翻孔的加工极限 .....         | 223 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 79. 拉伸滑移 .....                | 225 |
| 80. 加工表面处理钢板 .....            | 227 |
| 81. 冲模弹簧弹力减弱 .....            | 234 |
| 82. 退料器退不出料 .....             | 236 |
| 83. 局部成形加工 .....              | 238 |
| 84. 压力机等级对冲压件的影响 .....        | 241 |
| 85. 材料成形性能的各种试验法及其相互间关系 ..... | 246 |
| 86. 防止压力机的噪音和振动 .....         | 252 |
| 87. 根据作业选择压力机 .....           | 256 |
| 88. 冲模寿命 .....                | 260 |
| 89. 根据材料选择拉延油 .....           | 266 |
| 90. 静水压力及其应用 .....            | 269 |
| 91. 加工硬化 .....                | 271 |
| 92. 加工温度 .....                | 273 |
| 93. 加工速度 .....                | 274 |
| 94. 各向异性 .....                | 277 |
| 95. 压曲 .....                  | 279 |
| 96. 残余应力 .....                | 281 |
| 97. 弯曲的F值、R值 .....            | 283 |
| 98. N值（加工硬化指数）.....           | 285 |
| 99. R值（板厚的各向异性）.....          | 288 |
| 100. 安全冲模 .....               | 290 |

# 1. 毛 刺 大

在板料冲裁中，毛刺不可避免。但是改变冲压条件，就能减小毛刺。毛刺大的主要原因有以下两点：

- (1) 冲模间隙（凸模和凹模之间的间隙）
- (2) 刃口由于磨损和其它原因而产生圆角

冲裁加工与切削加工有根本的不同。冲裁不是用凸模和凹模的刃口切削材料，而是通过凸模象楔子似的作用使材料分离破坏的。因此分离状况就决定了冲裁加工件的好坏。

凸模下降切入材料时的状态如图 1 所示，这时材料表面的 A—B 长度被拉长到 A—B'，刃口部形成楔子，使材料产生了裂纹。

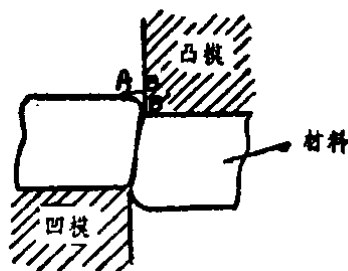


图1 凸模下降 切入材料的状态

凸、凹模间隙小的情况，如图 2 (a) 所示，由凸模和凹模 两侧产生的裂纹不重合，并且大于凹模尺寸，这个大的部分叫舌片。断面两端发生两次断裂，形成了两次剪断面①。因而产生较大的毛刺。

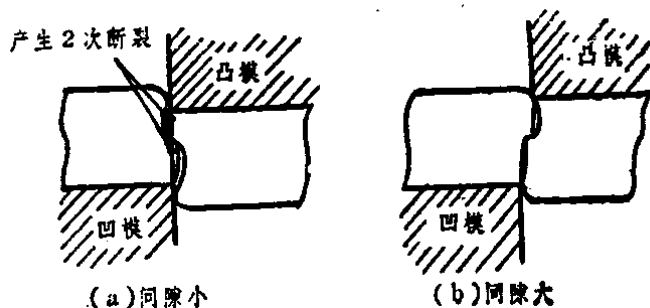


图 2 毛刺和间隙的关系

间隙过大裂纹也不重合，如图 2 (b) 所示。虽然凸模不断下降，但裂纹也发生得晚，象撕裂那样完

① 两次剪断面：即双亮带。——译者

成冲裁作业，就会产生难以消除的毛刺。

当刃口由于磨损出现圆角时，就不能有效地起到楔子的分离作用，整个断面因撕裂而不规则，产生大毛刺。尤其是落料时的凸模刃口，冲孔时的凹模刃口出现圆角时，产生的毛刺更为严重。

冲模在这种状况下工作不仅产生的毛刺大，而且刃口也急剧的磨损，必须进行修理。

此外，润滑、被加工材料性质、厚度、冲模刃口后角等对毛刺的产生都有影响。

模具的制造间隙虽然容易保证，但是，在实际冲裁的瞬间保持合理间隙却比较困难。因此，必须做到下面几点：

#### （1）冲模

- a) 保证凸模、凹模的加工精度和装配精度；
- b) 保证凸模的垂直度和承受侧压的刚性；
- c) 整个冲模要有足够的刚性。

#### （2）冲模的安装

- a) 保证上模、下模的正确间隙；
- b) 安装要牢固，在作业中不松动；
- c) 保证冲模和压力机的平行度。

#### （3）压力机

- a) 刚性好，弹性变形小；
- b) 导轨精度高；
- c) 垫板和滑块平行；
- d) 要有足够的冲裁力。

如果上述条件做不到，间隙就出现不均匀现象，制件产生毛刺。从毛刺的问题也可以反映出企业的综合技术水平。



## 2. 毛刺难以消除

在冲裁加工中，产生不同程度的毛刺是不可避免的。

尽管对间隙和刃口的形状及其它条件进行了调整，但小量生产时毛刺高度仍可达钢板厚度的  $1 \sim 2\%$ ，大量生产时毛刺高度可达钢板厚度的  $5\%$ 。

如例 1 中所述，难以消除的毛刺发生于刃口磨钝的情况比发生于间隙的情况要多，因此，就要有这方面的解决办法。

对刃口圆角可再磨锋，但反复磨锋不仅增加维修工作量，影响生产效率，而且也会缩短冲模的使用寿命。

一般的冲模磨损情况如图 1 所示的曲线，比较一下磨损与冲裁次数，有效地利用磨损少的稳定期来生产是理想的。在这段期间，希望避免以产生毛刺为理由反复磨刃口。为此可以考虑以下两种办法：

1. 提高冲模的其它条件，使稳定期的毛刺满足制件质量要求；

2. 对加工中产生的毛刺进行专门处理。

理想的解决办法当然是前者。比如：提高冲模的材质、热处理性能、加工精度和增加刚性等，这样能减少毛刺和延长磨锋循环周期。现阶段虽然还有很多困难，但工厂企业在长期计划中应向这个方向努力。

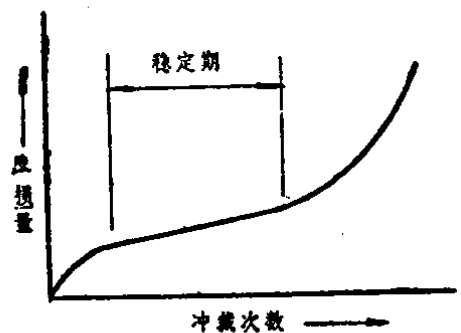


图 1 冲模的磨损曲线

现实的办法是对毛刺方向、零件形状等进行仔细研究后再进行改进。图2是改变配合孔形状的例子。

对已产生的毛刺可用锉刀、砂布、滚光、电解、超声波、通过药品进行化学处理等方法消除。

其中适于大批生产又不损坏制件的方法就是滚光。

研磨材料和机械都在显著改进。除了回转式、振动式以外，还大量采用离心式。

从钟表、照像机、电子等精密零件到汽车冲压件，消除毛刺基本上都采用滚光精加工方法，这已成为与冲压加工不可分割的加工方法。

但这些方法很难消除下面的毛刺：

- (1) 孔的毛刺（特别在拐角部）
- (2) 刃口圆角所造成的毛刺
- (3) 凹部位的毛刺，拉延和成形件内侧的毛刺。

对上述难以消除的毛刺，可采用改变冲压加工方法或加强生产管理的办法来解决。

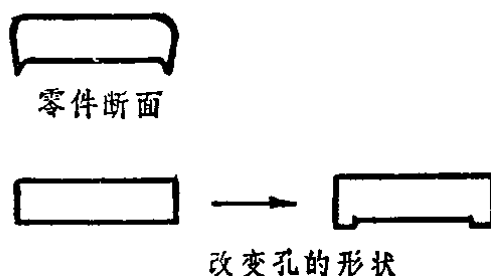


图2 配合孔形状的改变

### 3. 冲模磨损与产品精度的关系

冲模在整个冲压作业中最难解决的问题是不能保证它所冲裁的零件尺寸。也就是“冲模不能总保持初期状态（新冲模的状态）”。这种情况主要由三种原因造成：

- (1) 由外部条件而引起的损坏 (送料与定位不良等)
- (2) 由内部条件而引起的损坏、磨损 (强度不够, 表面精加工不良等)

### (3) 正常磨损

(1)、(2) 两个原因与冲裁次数不一定成比例, 因为是偶然发生的。以下仅就 (3) 的正常磨损举例说明与其有关的改进方法。

所谓正常磨损实际上也含有其它因素, 因此单纯地处理正常磨损较困难。严格说虽然冲模精度高, 但加工所用的压力机精度也有相当大的影响。根据情况来看, 这个因素有时比磨损引起的尺寸变化的情况还要多。所以这里把采用 1 级 C 型床身的机械压力机, 凸模、凹模采用合金工具钢 (SKD11) 热处理至 HRC62, 按顺序模加工时的自然磨损叫正常磨损。

### 1. 加工实例

图 1 所示的是工作机上所用的控制杆。因剪断面是滑动部位, 在精度上对标有※号的尺寸及其断面光洁度的要求都比较严格。一般采用顺序模进行加工, 这种冲模与其他冲模还有不同点, 即为了加工出上述那样光滑的切断面, 要防止产生裂纹, 尽量减小撕裂面, 增大断面被刃口侧面挤光的剪切断面, 而把间隙做成零 (与精密冲裁没有多大差别, 从经济等方面考虑采用了这种方法)。

冲裁次数和尺寸变化的关系, 如

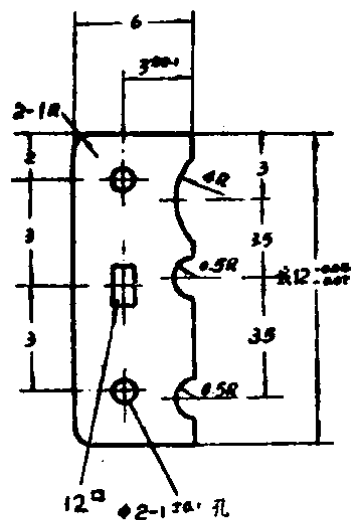


图 1 制件 (SPM—D.1.2t)

图 2 所示。此处没有外界或内部条件所引起的损坏、磨损等，只是凸模的正常磨损使制件尺寸变化的情况。另外，这个制件在后道工序还要进行滚光、镀镍，考虑这个尺寸波动，所以制件标有※部位的尺寸公差应控制在

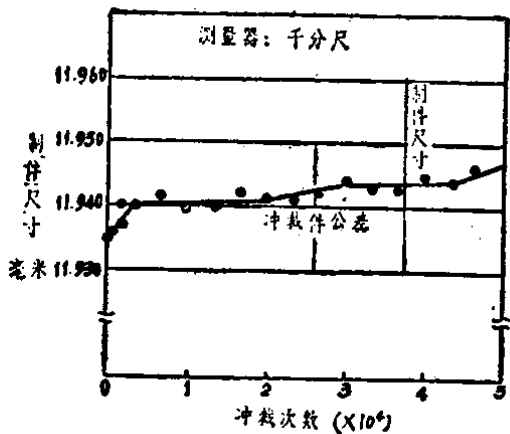


图 2 冲裁次数和制件尺寸的关系

0.02 以下。因此冲模冲压过两万次以后就要进行磨锋，一次生产次数超过这个规定（3～4 万次）生产就会发生故障。

### 2. 改进措施

大量地收罗磨损这个问题的话，它将成为一条和表示蠕变应变与时间关系的蠕变曲线非常相似的曲线。就是说刚使用不久，磨损量急剧增加，这叫初期磨损区域（一次磨损）；而后磨损量几乎不发生变化，这叫稳定区域；以后磨损量又急剧增加，这叫二次磨损区域。稳定区域增长，就延长了第 1 次磨锋前的冲模寿命。

润滑与磨损有很大关系。刃口磨损的详细情况如图 3 所示。锋利的刃口被磨损成为圆的，与材料接触之后，对材料施加压力的部位产生沟状磨损。在稍稍离开刃口的部位（约 0.5mm）产生与车刀切削相同的凹痕磨损，在离刃口非常近的部位有材料的划痕。凸模出现凹痕，但刃口部位没有材料的划痕，凹模、凸模的侧面由于毛坯或废料的挤压而产生光亮痕迹。

作用于刃口上的力如图 4 所示。在凸模端面和凹模端面上分别有  $P_p$ 、 $\mu_1 P_p$  和  $P_d$ 、 $\mu_3 P_d$  力作用，在凸模、凹



切面的光洁度也不会发生变化。对整个板厚来说光亮带所占的比例会有所减少（8~10%），但制件性能不受影响。

另外，不减小刃口部的力，就得使凸、凹模能承受住更大的作用力，为此将凸、凹模的材料改变

成具有耐磨性的粉末烧结合金。这个问题正在研究中，不能做为正式资料，但从目前的实验情况来看是可以延长冲模寿命的。

最后补充一点，对于初期磨损值非常大或公差带极窄的超精密件，作为解决由于冲裁次数所引起的尺寸变化的方法，还应当考虑在模具制造时就把刃口事先做成初期磨损的状态，使其在稳定区域进行加工的方法，或者把初期磨损区域加工的零件报废不用，然后在稳定区域进行加工的方法。

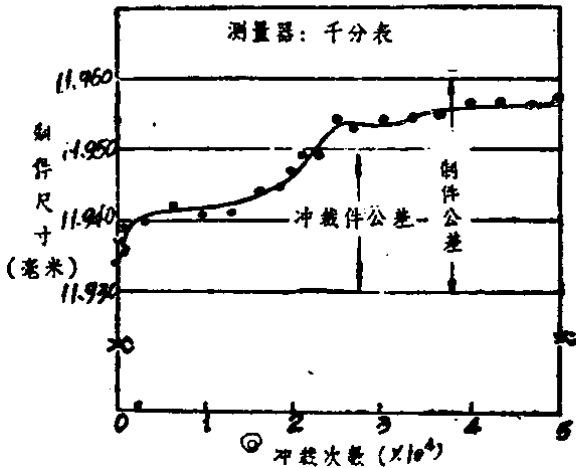


图 6 冲裁次数和制件尺寸的关系

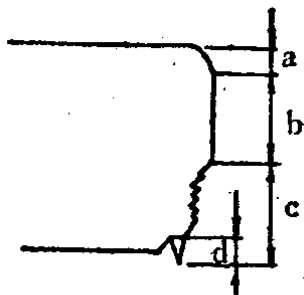
#### 4. 断 面 粗 糙

冲裁加工的断面一般分为四部分，如图 1 和照片 1 所示。

所谓断面粗糙就是剪断面窄，撕裂面、圆角、毛刺部位大。这几部分是怎样形成的呢？

1. 断面的形成过程：

冲裁加工可分四个阶段：



- a: 材料受压部位.....圆角
- b: 剪断光滑部位.....剪断面
- c: 撕裂凹凸不平部位.....撕裂面
- d: 出现毛刺的部位.....毛刺

图 1 冲裁断面



照片 1 冲裁加工断面  
(板厚2mm)

- ① 压缩变形过程
- ② 剪断过程
- ③ 裂纹成长过程
- ④ 断裂分离过程

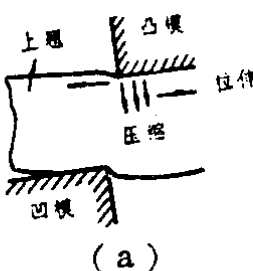
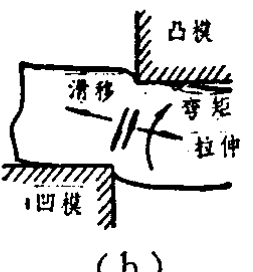
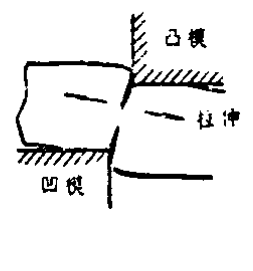
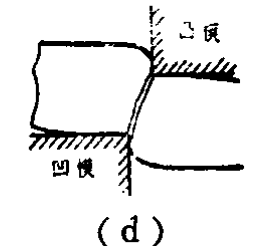
表1对各过程进行了简单的说明。

## 2. 光滑断面

普通冲裁加工的全部过程并非都是剪断过程。因此，推迟发生裂纹过程可以说是得到光滑断面的关键。为此可尽量减小作用于材料内部的拉应力和弯曲力矩。具体方法：

- (1) 减小间隙
- (2) 压紧凹模上的材料
- (3) 对凸模下面的材料施加反向压力
- (4) 减小搭边宽度
- (5) 使用润滑剂

表1 剪 断 加 工 过 程

|         | 图                                                                                   | 解 说                                                                                                                                                                                   |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 压缩变形过程  |    | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 材料表面承受拉伸力、压缩力。</li><li>2. 材料表面由于压缩产生变形（变形量……圆角）</li><li>3. 凹模上的材料上翘。</li><li>4. 间隙大，上翘的厉害。</li></ol>                                         |
| 剪 断 过 程 |    | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 压缩力使材料滑移（滑移……剪断）。</li><li>2. 材料内部产生拉伸力和弯矩。</li><li>3. 弯矩大时拉伸力也大。</li><li>4. 间隙大时弯矩大，凸模下的材料挠度大。</li></ol>                                     |
| 裂纹成长过程  |  | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 拉伸力随着滑移增加。</li><li>2. 由于拉伸力的作用，接近刃口的前端部位产生裂纹。</li><li>3. 凹模刃口附近的拉伸力比凸模拉伸力大。</li><li>4. 象楔子切入材料一样，使之产生裂纹。</li><li>5. 在产生裂纹的过程中产生毛刺。</li></ol> |
| 断裂分离过程  |  | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 裂纹增大，凸凹模两侧的裂纹重合，材料断裂分离。</li></ol>                                                                                                            |

间隙值很重要，必须根据材料选取合理间隙。表 2 是考虑了断面形状的间隙值，间隙值为表值的50%就能得到比较光滑的断面。

材料种类不同，断面形状也不同。一般软的粘性材料比脆硬材料的剪断面宽。但即使是脆硬材料只要按照前面所述



表2 合理的间隙值 (板厚: t)

|       | 材 质               | 间隙 (单面)            |
|-------|-------------------|--------------------|
| 金 属   | 软质 (软钢、黄铜)        | (0.04~0.05) t      |
|       | 中硬质 (中硬钢板)        | (0.05~0.06) t      |
|       | 硬质 (硬钢板、铝)        | (0.05~0.07) t      |
| 非 金 属 | 酚醛电木、云母纸、<br>硬化纸板 | (0.01~0.03) t<br>0 |

的条件考虑也能得到光滑的断面。例如脆硬塑料叠层板的剪断面如照片 2 所示。



照片 2 塑料叠层板的剪断面

(左)板厚: 1.4毫米 孔径: 1.0毫米 间隙: 1% 放大率: 50倍  
(右)板厚: 1.4毫米 孔径1.0毫米 间隙: 5% 放大率: 50倍

光滑断面也可采用特殊的方法来获得, 如精密冲裁、对向冲裁等, 这里不进行说明。