

兰州理工大学材料科学与工程学院

# 冲压工艺及模具设计

实

验

指

导

书

2005.10

## 实验一 扩孔试验：

在金属薄板成形件的结构中，为了结构上的需要，或者为了减轻结构重量，常常要冲较大的孔，为了增强板件的刚度，或因使用上的要求，常采用冲孔翻边和扩孔工艺，扩孔试验就是冲孔后翻边扩孔工艺的模拟试验。扩孔试验是用凸模定位销定位好中心孔，夹持在凹模与压边圈之间的毛料中间部分，压入凹模，周边凸缘被压死，在翻边形成过程中，中心孔不断扩大，出现裂口或颈缩时，即完成扩孔试验。以此时孔径为临界孔径（ $d_L$ ），临界孔径（ $d_L$ ）与原始孔径（ $d_0$ ）之比称为金属薄板的扩孔率（ $\lambda$ ）。此时试件的高度（ $h$ ），也可作为扩孔性能的一个参考指数。图 1 是经过扩孔成形后的试件图。

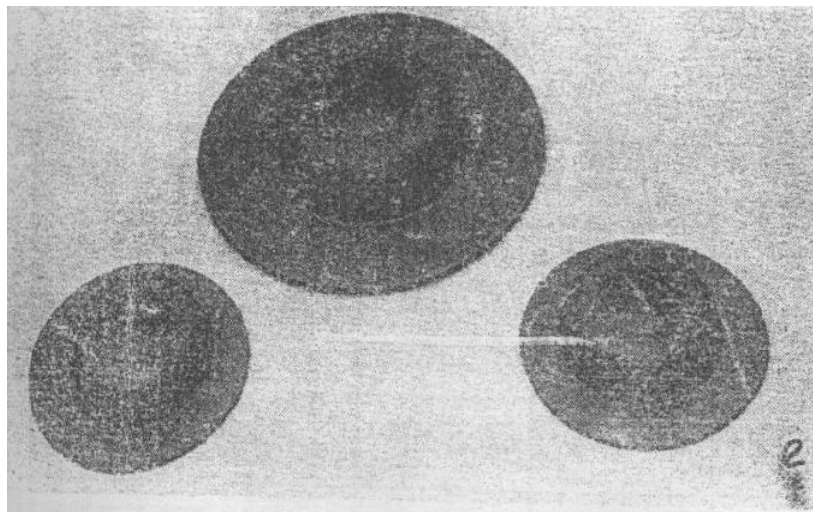


图 1 扩孔成形后的试件

### 1. 扩孔试验模具及试验步骤：

扩孔试验是德国人 E.Slebe A.Pomp 于 1930 年提出来的，后来以他们的研究所 Kaise Wihelm Institute 的字头 KWI 命名了这个试验方法。图 1 是这个试验的试件。表 1 是 KWI 试验的模具尺寸。BHB—80A 金属薄板试验机配备全套 KWI 试验模具。图 2 是进行扩孔试验用的模具和扩孔试件的剖面图。

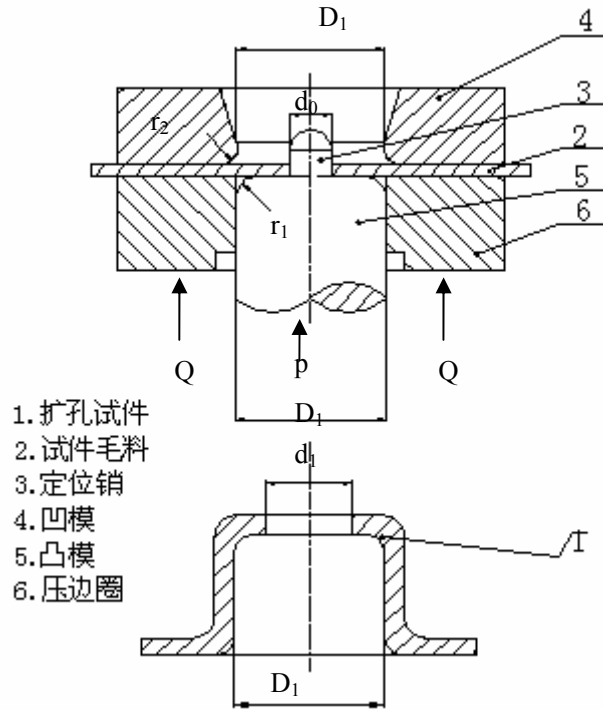


图 2

表 1 扩孔试验模具尺寸 (单位 mm)

|          |       |                   |                |                |
|----------|-------|-------------------|----------------|----------------|
| 板材厚度     | $t_0$ | 0.2~1.0           | 1.0~2.0        | 2.0~4.0        |
| 凸模直径     | $D_1$ | $25_{-0.05}$      | $40_{-0.05}$   | $55_{-0.05}$   |
| 凹模内径     | $D_2$ | $27^{+0.05}$      | $44^{+0.05}$   | $63^{+0.05}$   |
| 凸模圆角半径   | $r_1$ | $3 \pm 0.1$       | $5 \pm 0.1$    | $6 \pm 0.1$    |
| 凹模圆角半径   | $r_2$ | $1 \pm 0.1$       | $1 \pm 0.1$    | $1 \pm 0.1$    |
| 定位销直径    | $d_0$ | $7.5_{-0.05}$     | $12.0_{-0.05}$ | $16.5_{-0.05}$ |
| 方形试样毛坯边长 |       | $\geq 45 \sim 70$ | $\geq 70$      | $\geq 100$     |
| 试样毛料中心孔  | $d_0$ | $7.5^{+0.05}$     | $12.2^{+0.05}$ | $16.5^{+0.05}$ |
| 试样外径     | $D_0$ | $\geq 45 \sim 70$ | $\geq 70$      | $\geq 100$     |

图 3 是 KWI 配套模具中, 一种板厚的试验模具图。用这套模具进行扩孔试验, 取得的扩孔率称为 KWI 值。在 BHB-80A 金属薄板试验机上, 进行扩孔试验, 其步骤如下:

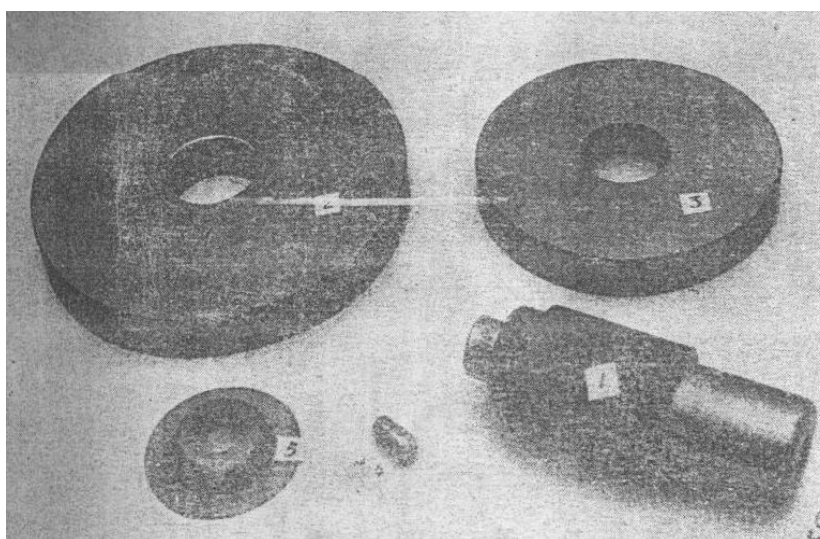


图 3 试验模具图

(1) 准备试件。试件毛料外形，可以是方形也可以是圆形。毛料尺寸见表 1，毛料打上编号。试件准备的关键是之中心孔，钻孔或冲孔后，需要绞孔。绞孔后，要用 100 目砂纸打磨，要求中心孔无毛刺和边裂。测量中心孔直径，按编号记录。

(2) 按试件毛料厚度选择凹模，把凹模装在试验机的凹模座上。

(3) 根据试件厚度和中心孔直径 $d_0$ 选择凸模，像装拉深凸模那样，把扩孔凸模装在中心活塞上，把压边圈放在压边活塞上。

(4) 按试件中心孔定位，把试件放在压边圈上。试件要事先涂上润滑油。

(5) 按前述其他试验那样，使凹模座进入模筒。按压边按钮，调整压边力手柄，使压边压力达到 2MP。

(6) 按中心活塞上升按钮，凸模上升时，注意观察中心孔边缘，当出现颈缩时，立即停止凸模上升。取下试件，测量中心孔直径。

BHB-80A 金属薄板试验机上装有电液控制器，可以用电液控制器上的调电流的旋钮，控制凸模上升速度。为了节省试验试件，初始阶段可以快一些，孔边缘临近裂纹时，要慢一些，以便观察。为了发现颈缩时，能及时停止凸模上升，使孔不继续扩大，可以立即旋回电液控制器上的旋钮，使小电流回零，或手指不离压边按钮的停止按钮，及时按下按钮。后者反应更为迅速。

## 2. 数据处理与应注意的几个问题：

本试验每组取 10 个有效试件，按所测扩孔前中心孔直径（ $d_0$ ）和扩孔后直径（ $d_1$ ）算出每个试件的扩孔率（ $\lambda_i$ ）。去掉 $\lambda_i$ 中的一个最大值和一个最小值；取 8 个试件 $\lambda_i$ 的算术平均值为所求之扩孔率（ $\lambda$ ），亦称KWI值。

本试验 $d_0$ 与 $d_1$ 的测量，读数到小数点后两位，测量精度 $\pm 0.02\text{mm}$ 。

每个试件扩孔后的直径按下式算出： $d_1 = 1/2 (d_{1\max} - d_{1\min})$

$$\text{每个试件扩孔率 } \lambda_i = \frac{d_1 - d_0}{d_0} \times 100\%$$

所求扩孔率或KWI值  $\lambda = (\sum_{i=1}^n \lambda_i) / n$ ，式中：

$d_0$  — 绞孔后孔的直径

$d_1$  — 扩孔后孔的平均直径

$d_{1\max}$  — 扩孔后孔的最大直径

$d_{1\min}$  — 扩孔后孔的最小直径

$\lambda_i$  — 一个试件的扩孔率

$\lambda$  — 所求扩空率或KWI值

扩孔试验应注意以下几个问题：

(1) 各种金属薄板，在进行扩孔试验时，其颈缩和裂纹，不一定都发生在孔的边缘，有的可能发生在靠近边缘的部分。试验时，应注意观察孔的边缘和边缘附近，出现颈缩和微裂时，及时停止扩孔。以致数据不至于过于分散。

(2) 扩孔后的孔，偏离中心超过 2.5 毫米以上的试件，应属无效。试件孔边缘的裂口发生在试件的伤痕处，应属无效。

(3) 我国航空航天部，公布了 HB6140—87《金属薄板成形性能试验方法》标准。此类国家标准也在制定中。把 HB6140—87 中扩孔试验所用的模具尺寸和试件尺寸附录于后。表 2 是其模具尺寸，表 3 是试件尺寸。

(4) HB6140—87 中的模具尺寸，采用了 KWI 中的一种，只是中心孔定位销的直径有所差别。

欲按 HB6140—87 中的扩孔试验方法进行扩孔试验，只需在 BHB—80A 试验机的 KWI 配套模具中，配三个（ $\Phi 8_{-0.05}$ ， $\Phi 10_{-0.05}$ ， $\Phi 12_{-0.05}$ ，）中心孔定位销即可。

大中心孔的试件进行扩孔时，若是孔径已扩大到凸模圆角部分，孔边缘仍未出现颈缩和裂纹，则换上小直径的定位销和小中心孔的试件毛料，再进行扩孔试验。

表 2 (单位 mm)

|        |       |                     |                     |                     |
|--------|-------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 板材厚度   | $t_0$ | 0.2~2.0             |                     |                     |
| 凸模直径   | $D_1$ | 40 <sub>-0.05</sub> |                     |                     |
| 凹模直径   | $D_2$ | 44 <sup>+0.05</sup> |                     |                     |
| 凸模圆角半径 | $r_1$ | 5±0.1               |                     |                     |
| 凹模圆角半径 | $r_2$ | 1±0.1               |                     |                     |
| 定位销直径  | $d_0$ | 8 <sub>-0.05</sub>  | 10 <sub>-0.05</sub> | 12 <sub>-0.05</sub> |

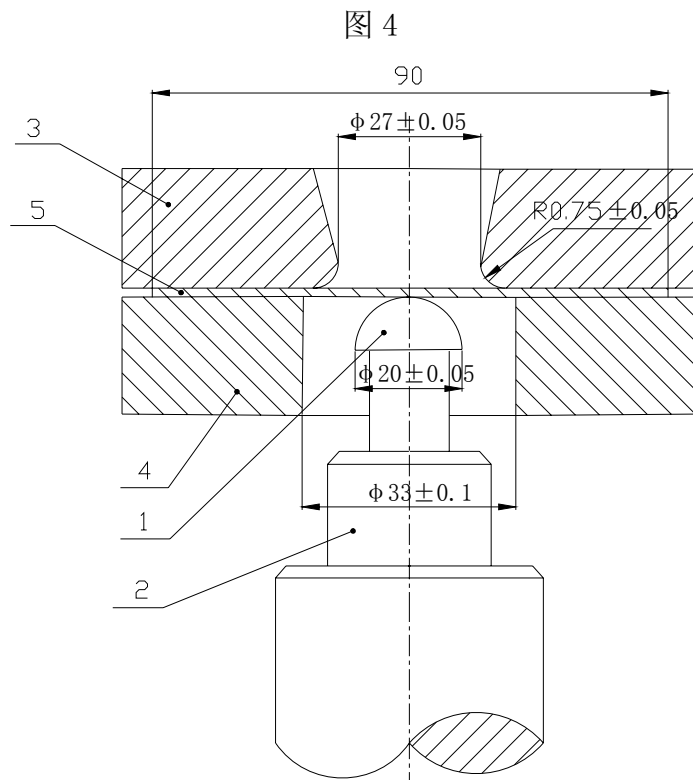
表 3 (单位 mm)

| 板材厚度 $t_0$ | 试样外径 $D_0$ | 试样毛坯中心孔径 $d_0$        |
|------------|------------|-----------------------|
| 0.2~2.0    | 70±0.1     | 8.0 <sup>+0.05</sup>  |
|            |            | 10.0 <sup>+0.05</sup> |
|            |            | 12.0 <sup>+0.05</sup> |

## 实验二 杯突试验

杯突试验是评价金属薄板拉胀成形性能的一种简便的试验方法,这个方法是德国人艾利克森 (Etichsen) 提出来的,早在 1912 年成为德国专利。这个试验被命名为Etichsen试验,简称为 $I_E$ 值。多年来各国以 $I_E$ 值作为评价金属薄板成形性能的主要指数。我国已制定了这一试验方法的国家标准和航空航天部标准。

这种试验方法是把一定尺寸的试件毛料夹持在压边圈及凹模之间,用直径 20 毫米的球形突模进行冲压,在试件圆顶附近出现能够透光的裂缝时,就算完成了这一试验,以突模的压入深度,作为评价金属薄板成形性能的 $I_E$ 值。



1. 凸模 2. 凸模座 3. 凹模 4. 压边圈 5. 试件

### 1. 杯突试验模具及其试验步骤:

图 4 是 BHB-80A 金属薄板试验机上面的杯突试验模具的剖面图,图 5 是其外观图,图 6 是这一试验的模具配套箱,这套模具的使用方法及其试验步骤如下:

(1) 把凹模 3 座装在试验机的凹模座上;把凸模座 (2) 装到中心活塞上,其安装方法与前面的拉伸凸模,扩孔凸模相同;把压边圈放在压边活塞上,压边圈上的凸模和压边活塞上的沟槽时压边圈的定位部分。

(2) 试件准备：杯突试验只适用于厚度 0.2~2 毫米的金属薄板，在 BHB-80A 上的杯突试件毛料，采用方形  $90 \times 90 \pm 1$  毫米。试件毛料应平整无伤痕，边缘不应有毛刺。

(3) 把试件清洗干净，涂上润滑油，或在试件的两面贴上塑料薄膜。把试件放在压边圈上。压边圈上面构成正方形的沟槽是试件毛料定位线，把试件毛料对线放置即可。

(4) 欲前面其他试验一样，把试验机上的凹模座放在模筒中，按下压边按钮，调整压边液压手柄，是压边液压达到 2.6MP (压边力等于  $100 \pm 1.0$ KN)。

(5) 按中心活塞上行按钮 (原胀形按钮)，注意观察试件，当试件圆顶附件出现能够透光的裂缝时，迅速停止中心活塞。

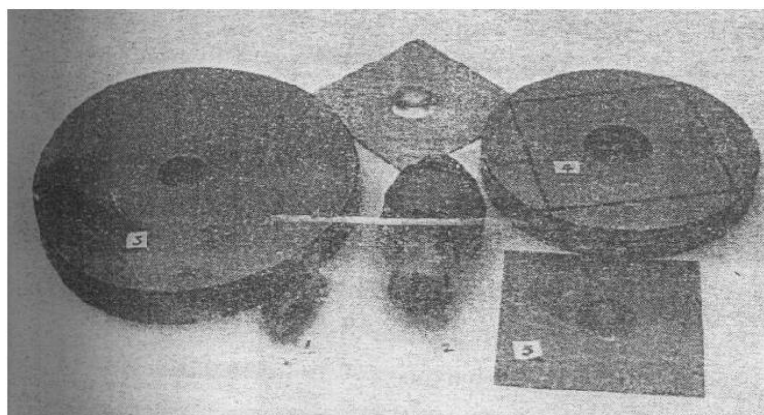


图 5

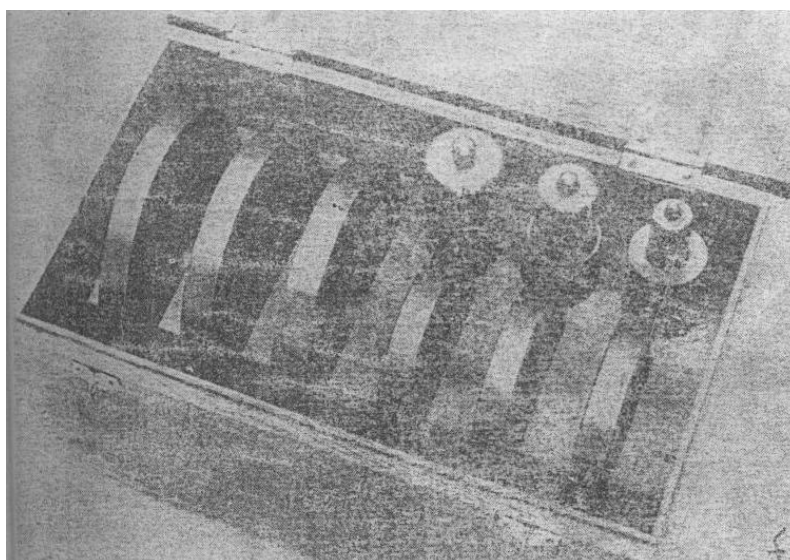


图 6

## 2. 杯突试验的测量与试验结果处理



杯突试验的测量，在 BHB-80A 金属薄板试验机上，是从试件的上方测量。现行的测量方法有三种，其基本方法是用本书《金属薄板的成形性能试验及其试验》第一部分中，测胀形高度的位移传感器 WCY-50。

- a) 用 WCY-50 测量，用 WCY-50 上的刻度和指针读数。
- b) 用 WCY-50 测量，经过应变仪或直流放大器、信号放大器，用数字电压表读数。
- c) 用 WCY-50 测量，用液压胀形高度的同一系统 SLJC-01 板料双向拉伸试验数据检测与处理系统。

在杯突试验方法中规定，金属薄板的杯突值 ( $I_E$ )，是在试验时试件顶部出现“能够透光的裂缝”时，凸模的压入深度。“能够透光的裂缝”这句话本身就不严格，透光的范围有多大？用什么方法测得透光？实际上，在试验时凸模顶压着试件，虽然试件顶部破裂了，但是无法测得透光。只能认真目测，看看试件一旦出现裂缝，立即停止凸模，测下这时凸模的压入深度。

这方法写的是裂缝不是裂纹，也不是裂口。准确的监视裂缝的出现时很困难的，要做到每个试件的裂缝大小都一样，更是困难。由于对裂缝监视与测量上的困难，再加上摩擦与润滑等因素的影响，同样一张金属薄板上裁的试件，其试验结果  $I_E$  值很分散。

在以杯突值作为评价金属薄板成形性能的长期工作中，在目前金属薄板成形性能测试方法的研究中，人们对杯突值的过于分散都深有感触。关于捕捉发生“能够透光的裂缝”的时刻，也曾试想过，利用最大载荷，当凸模力达到最大值时，记下这时的凸模压入深度。

但是，有的材料在最大载荷时出现裂缝；又有的材料在最大载荷时，并没有出现裂缝，而是由于材料失稳变形加速，在凸模力有些下降的情况下，试件才出现裂缝。所以，最大载荷法不能作为杯突试验的依据。在最大载荷时，试件的顶部有可能没有出现裂缝，这是与已有的国家标准不一致的地方。

采用本书第一部分中，液压胀形极限高度的测量方法，切实可行的方法，液压胀形极限高度，是试件破裂前的高度，杯突值也可以说是这种特定的刚性模的极限成形高度。本试验以 6 块有效试件的凸模压入速度的算术平均值作为杯突值。在 BHB-80A 金属薄板试验机上进行杯突试验，所测的试件由平板到出现裂缝的高度，还需加上试件顶部的变薄量，才是这时的凸模压入高度，即  $I_E$  值。

$$t_i = t_0 - t$$

$$h = h_i + t_i$$

$$I_E = \sum_{i=1}^n h/n$$

式中：

$t_0$ —— 试件原始厚度

$t$ —— 试件顶点厚度

$t_i$ —— 试件顶点变薄量

$h_i$ —— 试件顶点增高值

$h$ —— 凸模压入高度

$n$ —— 试件个数

$I_E$ —— 杯突值

## 实验三 冲模装拆及测绘试验

### 一、试验目的:

- 1.了解典型冲模的构造，认识各零件在冲模中的作用。
- 2.通过冲模的零件测绘和总装图绘制，了解设计方案的制定以及模具主要零件的精度等级和相互配合。

### 二、试验内容:

- 1.试验者自行装拆冲模一付，测绘各零件并绘制该模具总装图。
- 2.学习冲模结构的一般知识，冲模与冲床的关系。

### 三、试验设备及用品:

- 1.冲床一台。(5吨开式冲床)
- 2.典型简单冲模 10 付。
- 3.活络扳手 12" ， 6" 10 把。
- 4.内六角扳手 10 套，(M<sub>8</sub>M<sub>10</sub>M<sub>12</sub>)
- 5.手锤 10 把
- 6.测量工具：游标尺、各种塞尺两套，测量工作台一台、钢皮尺等
- 7.挂图（冲模总装图）

### 四、试验步骤:

- 1.将一付冲模全部拆装成零件
- 2.测绘各个零件
- 3.将拆散的冲模装成完整的模具
- 4.绘制该模具的总装图（草图）

### 五、试验报告:

- 1.绘制装拆模具总图
- 2.绘制冲裁工艺的工序图
- 3.各主要零件图，并论述各个冲模零件的作用
- 4.你认为冲模结构，冲裁工艺及其冲裁质量有哪些问题?其改进措施又如何?