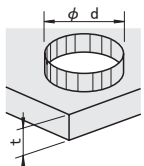


在冲裁加工中，有时会发生凸模刃部折损和肩部破损等问题。这些问题大多是由于标准零件的技术数据不足，以及冲裁工具的材质和形状选择错误所引起的。本页中为了减少这些问题，并考虑到工具钢的疲劳强度和肩部的应力集中等方面，列出正确使用凸模的标准。

1. 冲裁力的计算

冲裁力P [kgf]

$$P = \ell t \tau \dots (1)$$



ℓ : 冲裁轮廓长度 [mm]
(圆形的情况下 $\ell = \pi d$)
 t : 材料的板厚 [mm]
 τ : 材料的抗剪强度 [kgf/mm²]
($\tau \approx 0.8 \times$ 抗拉强度 σ_B)

[例1] 在板厚为1.2mm的高张力钢板(抗拉强度80kgf/mm²)上冲出直径为2.8mm的圆孔情况下，最大冲裁力P为

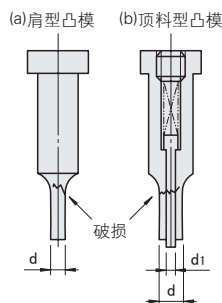
在 $P = \ell t \tau$ 中
抗剪强度 $\tau = 0.8 \times 80 = 64$ [kgf/mm²]
 $P = 3.14 \times 2.8 \times 1.2 \times 64 = 675$ kgf

2. 凸模刃部的破损

施加于刃部的应力 σ [kgf/mm²]

$\sigma = P/A$
P: 冲裁力, A: 凸模截面面积

- (a) 肩型凸模 $\sigma_s = 4 t \tau / d \dots (2)$
- (b) 顶料型凸模 $\sigma_J = 4 d t \tau / (d^2 - d_1^2) \dots (3)$



[例2] 使用肩型凸模 SPAS6-50-P2.8
顶料型凸模 SJAS6-50-P2.8

(d_1 尺寸根据P.266为0.7)时，求取凸模刃部的破损可能性。(冲裁条件与例1相同。)

- (a) 肩型凸模则根据公式(2)
 $\sigma_s = 4 \times 1.2 \times 64 / 2.8 = 110$ kgf/mm²
- (b) 顶料型凸模则根据公式(3)
 $\sigma_J = 4 \times 2.8 \times 1.2 \times 64 / (2.8^2 - 0.7^2) = 117$ kgf/mm²

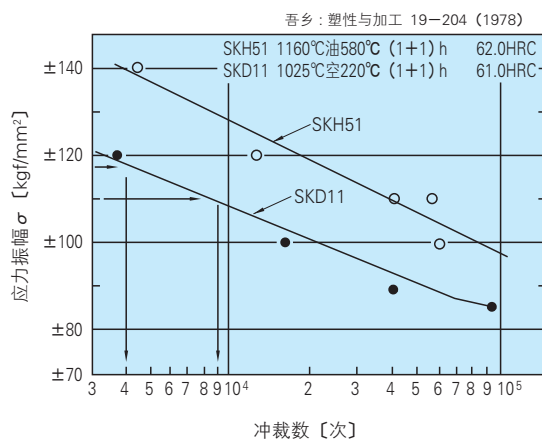
根据图2， σ_s 为110kgf/mm²时，SKD11凸模约9000冲次时凸模的刃部有可能发生破损。此外，将材料更换为SKH51后，发生可能性提高到4万冲次左右。顶料型凸模也可以同样方法求得破损发生可能性，但由于其截面面积较小，因此5000冲次左右即发生破损。使用时，使施加于凸模的应力 σ 低于凸模材质的许用应力则不会发生破损。(根据模具精度、模具结构、被加工材料的规格偏差、凸模的表面光洁度、热处理等条件的不同会有所变化，因此请将该图作为参考标准。)

[表1] 各种材料的抗剪强度、抗拉强度

材 料	抗剪强度 τ (kgf/mm ²)		抗拉强度 σ_B (kgf/mm ²)	
	软 质	硬 质	软 质	硬 质
铅	2~3	—	2.5~4	—
锡	3~4	—	4~5	—
铝	7~11	13~16	8~12	17~22
硬 铝	22	38	26	48
锌	12	20	15	25
铅	18~22	25~30	22~28	30~40
黄 铜	22~30	35~40	28~35	40~60
青 铜	32~40	40~60	40~50	50~75
白 铜	28~36	45~56	35~45	55~70
银	19	—	26	—
热轧钢板 (SPH1~8)	26以上		28以上	
冷轧钢板 (SPC1~3)	26以上		28以上	
拉 深 用 钢 板	30~35		28~32	
结构用钢板 (SS330)	27~36		33~44	
结构用钢板 (SS400)	33~42		41~52	
钢 0.1%C	25	32	32	40
" 0.2%C	32	40	40	50
" 0.3%C	36	48	45	60
" 0.4%C	45	56	56	72
" 0.6%C	56	72	72	90
钢 0.8%C	72	90	90	110
" 1.0%C	80	105	100	130
硅 钢 板	45	56	55	65
不 锈 钢 板	52	56	66~70	—
镍	25	—	44~50	57~63
革	0.6~0.8		—	
云母 厚0.5mm	8		—	
" 厚2mm	5		—	
纤 维	9~18		—	
桦 木 材 料	2		—	

* [N] = kgf \times 9.80665 (Schuler公司、Bliss公司)

[图2] 工具钢的疲劳特性



3. 最小冲裁直径

最小冲裁直径d_{min}.

$$d_{min} = 4t \tau / \sigma$$

σ : 工具钢的疲劳强度 [kgf/mm²]

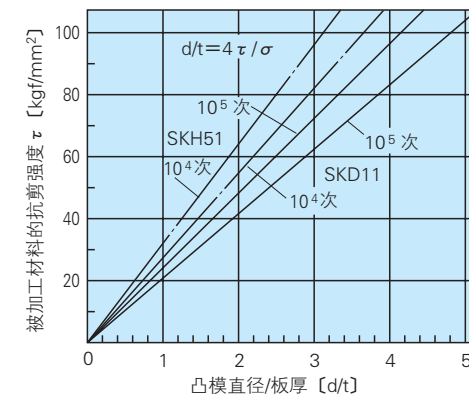
[例3] 可以用SKH51凸模在板厚为2mm的SPCC上冲孔10万次以上的最小冲孔直径为

$$d_{min} = 4 t \tau / \sigma \dots (3)$$

$$= 4 \times 2 \times 26 / 97$$

$$\approx 2.1$$
mm SKH51的10万次疲劳强度
根据图2， σ 为97 kgf/mm²
根据图3， τ 为26 kgf/mm²

[图3] 冲裁的加工限度



4. 由纵弯曲引起的破损

纵弯曲负荷P[kgf]

$$P = n \pi^2 E I / \ell^2 \dots (4)$$

$$\ell = \sqrt{n \pi^2 E I / P} \dots (5)$$

n : 系数 $n=1$: 无卸料导向件
 $n=2$: 有卸料导向件

E : 纵弹性系数 [kgf/mm²]

I : 截面2次矩 [mm⁴]
冲孔为圆形的情况下 $I = \pi d^4 / 64$

ℓ : 凸模的刃部长度 [mm]

SKD11	: 21000
SKH51	: 22000
HAP40	: 23000
V30	: 56000

从该欧拉公式可以看出，若要提高纵弯曲强度P，使用卸料导向件，采用纵弹性系数较大的材质(SKD→SKH→HAP)，并将刃部的长度缩短后即可。

纵弯曲负荷P表示的是凸模受到纵弯曲负荷发生破损时的值，选定凸模时必须考虑安全系数为3~5。冲小孔时，选择凸模时特别需要注意纵弯曲负荷和施加于凸模的应力。

[例4] 即使用直杆型凸模在不锈钢板SUS304 (板厚1mm，抗拉强度 $\sigma_b = 60$ kgf/mm²)上冲 $\phi 8$ 的孔也不会发生纵弯曲时，求其全长。

(5) 根据公式 $\ell = \sqrt{n \pi^2 E I / P}$

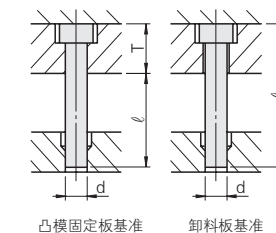
$$= \sqrt{2 \times \pi^2 \times 21000 \times 201 / 1206}$$

$$= 262$$
mm

若安全系数为3，则
 $\ell = 262 / 3 = 87$ mm

此外，若凸模固定板的厚度 $T = 20$ mm，则使用全长在107mm以下的凸模，可防止纵弯曲。如果是卸料板基准(将凸模固定板与杆部以间隙配合，利用凸模刃部导向的凸模，则全长需在87mm以下。

冲裁力 $P = \pi d t \tau$
 $= \pi \times 8 \times 1 \times 0.8 \times 60$
 $= 1206$ kgf
截面2次矩 $I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi 8^4}{64}$
 $= 201$ mm⁴
有卸料板导向: $n=2$



[例5] 采用SHAL5-60-P2.00-BC20凸模，不使用卸料导向件时，纵弯曲负荷P为

$$P = n \pi^2 E I / \ell^2$$

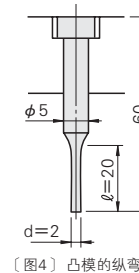
$$= 1 \times \pi^2 \times 22000 \times 0.785 / 20^2$$

$$= 426$$
kgf

若安全系数为3，则
 $P = 426 / 3 = 142$ kgf

∴ 若冲裁力在142kgf以下，则不会发生纵弯曲。

凸模材质: SKH51
 $E = 22000$ kgf/mm²
 $I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi 2^4}{64}$
 $= 0.785$ mm⁴
无卸料导向件: $n=1$



[图4] 凸模的纵弯曲