

技术交流丛书77-1

国外最新
冲压加工数据汇集
(译文)

第一机械工业部天津设计院

目

录

1	译 文 说 明	1
2	剪 裁	2
3	弯 曲	30
4	翻 边	64
5	压 延	78
6	冷 锻	114
7	冲 压 材 料	155
8	冲 压 件 的 缺 陷	187



译文说明

《国外最新冲压加工数据汇集》係按日文杂志《プレス技术》1972年10月号临时增刊《最新プレス加工データブック》译出；现用名是我们后定的。原文较为全面地介绍了近年来国外冲压技术中出现的一些新资料，其中包括：剪裁、弯曲、成形、压延、冷锻、冲压材料、冲压件的缺陷等内容。上述资料一般是以图表、数据、曲线等方式表现出来的，有的还辅以一定说明，因而较为直观、清晰、便于查阅，可供生产、设计、教学、研究等部门参攷。但在翻译过程中，我们发现原文在资料的取舍上未作认真校对提炼；某些专业术语的称呼和含意前后也不尽一致；一些公式、数据也多处有误。这些我们曾尽自己的水平在翻译中做过一些订正，并在译注中予以说明。由于我们的水平甚低，因而整个译文缺点错误在所难免，望同志们在使用过程中热情指出。

在编译过程中，我们曾得到佳木斯第二农业机械厂、四平联合收割机厂、湖北农机学院的大力支持，并由湖北农机学院锻压教研室姜奎华同志对全文作了校阅，特此表示感谢。

第一机械工业部天津设计院

第二设计室锻冲焊组 1976.2.



加工界限

不管是任何形状制件的冲裁加工，都不可能理想的精度。根据制件的形状，所加工的制件或者是产生变形，或者在工艺上有明显困难。因而对加工界限必须予以充分注意。在这个问题上，虽然根据模具的结构形式，加工的材质等多少有所不同，然而一般地说，最好要考虑到以下诸因素。

制件形状

(1) 狭窄的凸出部分和搭边宽度 b 应避免小于板厚的两倍，即

$$b \geq 2t$$

(2) 尽可能避免锐利的棱角。棱角部的圆角半径最好是大一此，即

$$r \geq \frac{1}{2}t$$

(3) 用单工序冲裁时，尖角部的圆角半径尽可能大，两个以上工序的冲裁，就不受这一限制了。

即使是冲裁凹模尖(棱角处的圆角半径为0)，对于冲裁的制件来说，其(对应于模具尖角处的)圆角也要作成所需间隙值的2.5倍左右，如果尖角(棱角)处的圆角半径小于板厚的 $\frac{1}{4}$ 时，模具的寿命便急剧地恶化。

(4) 另件宽度 b 小于板料厚度3倍的细长件，以不采用冲裁工艺为宜，即

$$B \geq 3t$$

孔的位置

对于加工有孔另件，由于孔的加工使另件变形，导致工艺上十分困难。因此，其加工界限要充分注意。

对于非金属材料， A 值是板厚的2~3倍。

冲孔后的弯曲加工

在冲孔后作弯曲时，要使弯曲加工不致使孔发生变形，孔与弯曲部份必须要保持一定距离。弯曲部至孔边缘的距离 X 可采用下式设计，即

$$X \geq 1.5t + R$$

然而在板厚为1~2毫米，弯曲半径 R 为0.3~3毫米的时候， X 的最小值以1.5毫米为宜。

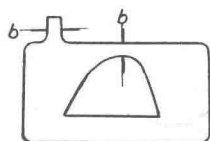
最小冲孔直径

以冲裁法所得的孔径具有一定的界限，在此界限以下的孔，必须採用

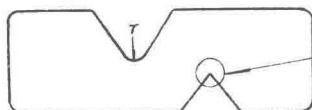
冲裁的最小孔径 d (t =板厚)

材 料	普通冲孔		精密卸料冲模冲孔 ($d \geq 0.4mm$)	
	圆凸模	方凸模	圆凸模	方凸模
硬 钢	$1.3t$	$1.0t$	$0.5t$	$0.4t$
软钢、黄铜	$1.0t$	$0.7t$	$0.35t$	$0.3t$
铝	$0.8t$	$0.5t$	$0.3t$	$0.28t$

切削等其它工艺方法。表1所示是其界限。

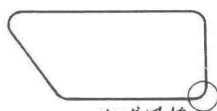


$b \geq 2t$
(a)

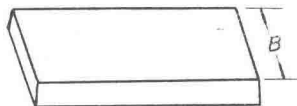


$T \geq 0.5t$
(b)

避免锐利的棱角

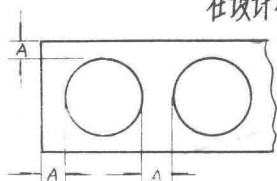


(c) 作成圆角



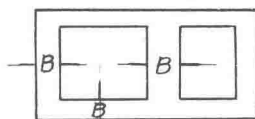
(d) $B \geq 3t$

在设计冲裁零件时应当考虑的因素



(a) 冲圆孔

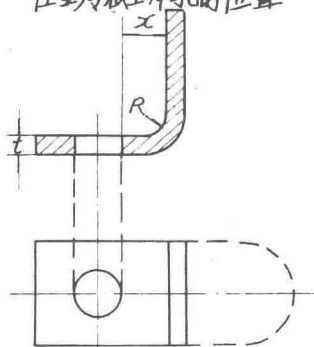
板厚	A的最小距离
≤ 1.55 毫米	3.1 毫米
> 1.55 毫米	板厚的2倍



(b) 冲方孔

板厚	B的最小距离
≤ 2.3 毫米	4.6 毫米
> 2.3 毫米	板厚的2倍

在金属板上冲孔的位置



$X \geq 1.5t + R$

在冲孔后有弯曲加工时孔的位置

剪 裁 力

在凸模、凹模的设计中，有必要知道材料的抗剪强度，施加在模具上的剪切力以及剪切功的大小。

表1所示，是各种材料在软硬状态下不同的抗剪强度和强度极限值。这些值虽说随间隙、材料的支承方式，有无润滑、剪切速度、剪切轮廓的形状等的不同也多少有些差异，然而，可以认为大致是表1(所列的)值。就一般金属而言，其抗剪强度大约是强度极限的80%。

假设知道了材料的抗剪强度，就可以用下式求出剪裁时所需的最大剪裁力 P (Kg)

$$P = t \cdot L \cdot R_s$$

式中: t : 材料厚度 (mm)

L : 剪裁轮廓的全长 (mm)

R_s : 材料的抗剪强度 (Kg/mm²)

下面，剪裁所需要的功 A_k (毫米-吨或米-公斤) 就可以按下式概略计算。

修正系数 m

材 料	修正系数 m
1. 一般材料 2. 硬材料 (弹)	0.63
3. 软材料 (弹)	0.45
4. 软材料 (弹)	0.30
5. 软材料 (弹)	0.70
铝、软钢、软铁、软铜、黄铜 (软)	0.64
钢板 (硬) C至0.2%	0.64
“ (软) C至0.1%	0.64
硬铝、硬铜、合金钢板 (软)	0.50
钢板 (软) C至0.2-0.3%	0.50
铁 (硬)、黄铜 (硬)、钢板 (硬)	0.45
0.3-0.6% C, 钢板 (软) 0.2-0.3% C	0.45
钢板 (软) 0.4% C以上	0.40
“ (硬) 0.6% 以上	0.40

(商標: 70x打抜きC型設計)

$$A_k = m \cdot P \cdot t / 1000$$

式中 P : 最大剪裁力 (Kg)

t : 材料厚度 (mm)

m : 根据材料而定的修正系数

这一最大剪切力和剪切功可以由计算图表简单地求出。下页所示就是这种图表。并举出了求解最大剪裁力和剪切功的例子。

译注: 原文软硬标注是错误的

表1 各种材料的剪切抗力和抗张强度

材 料		剪切抗力 Kg/mm ²		抗张强度 Kg/mm ²	
		软	硬	软	硬
1 铝	2 锡	1 2~3	—	2.5~4	—
		2 3~4	—	4~5	—
3 铝	4 硬铝	3 7~11	13~16	8~12	17~22
		4 22	33	26	48
5 锌	6 铜	5 12	20	15	25
		6 18~22	25~30	22~28	30~40
7 黄铜	8 青铜	7 22~30	35~40	28~35	40~60
		8 32~40	40~60	40~50	50~75
9 锌白铜	10 金板	9 28~36	45~56	35~45	55~70
		10 32	40	—	45
11 厚钢板	12 钢板	11 30~35	—	32~38	—
		12 45~50	55~60	—	60~70
13 钢 0.1% C	14 钢 0.2% C	13 25	32	32	40
		14 32	40	40	50
15 钢 0.3% C	16 钢 0.4% C	15 36	48	45	60
		16 45	56	56	72
17 钢 0.6% C	18 钢 0.8% C	17 56	72	72	90
		18 72	90	90	110
19 钢 1.0% C	20 合金钢	19 80	105	100	130
		20 45	56	55	65
21 不锈钢	22 镍	21 52	56	65~70	—
		22 25	—	44~50	57~63

(Schuller: Taschenbuch für Wirtschaftliche Blechbearbeitung (1952) 41)

凸模行程 %

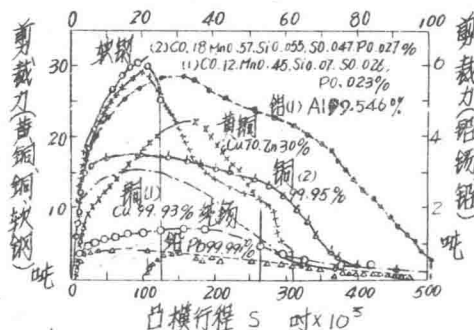


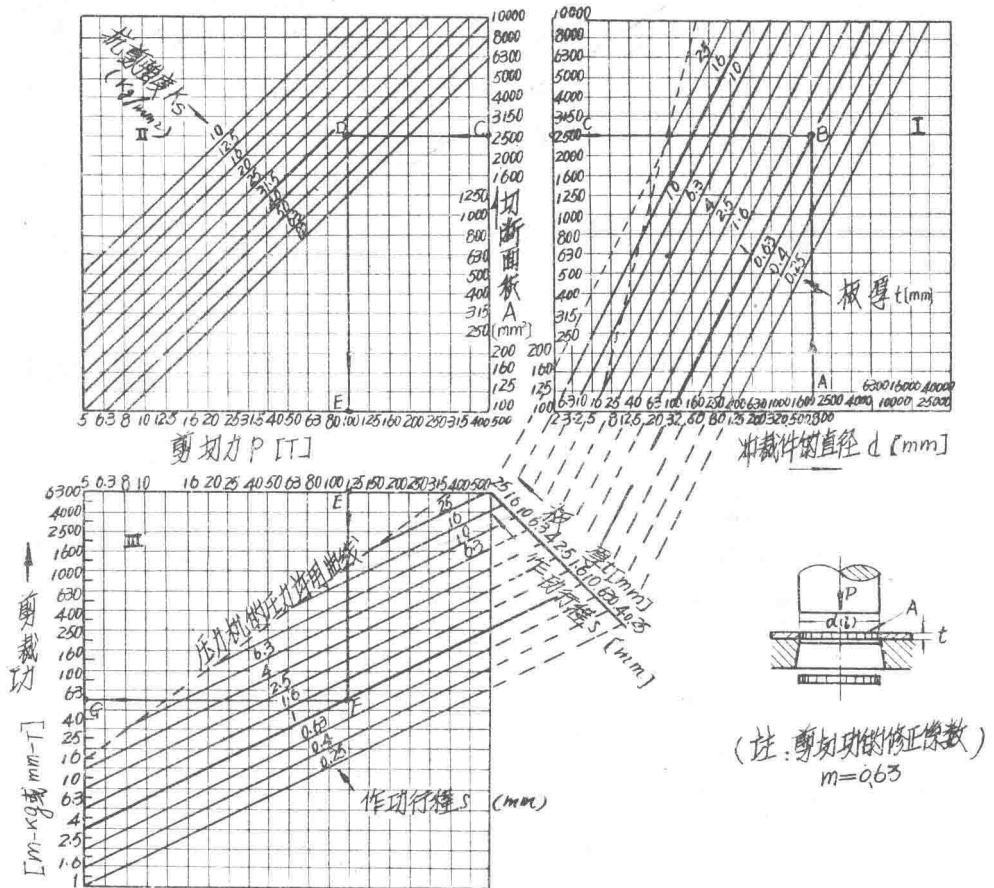
图1 剪切曲线的几个例子 (Chang, Swift)

(以平行直线刃口, 将材料的两端固定, 在间隙为零的情况下对厚0.5吋, 1.5吋, 及12吋的块料作剪裁时的凸模行程—剪裁力曲线)

求最大剪裁力和最大剪裁功的计标图

5

(H. Makelt: Werkstatt und Betrieb, 87. Jahrg. Heft 2 (1954) Seite 79)



求最大剪裁力和最大剪裁功的计标图表

试求,在冲裁制件的直径 $d=800$ 毫米(因此,剪裁轮廓长度 $L=2500$ 毫米),板厚 $t=1$ 毫米,板料的抗剪强度 $K_s=40$ 公斤/毫米²时所需要的剪裁力 P (吨)和剪裁功 A_k [毫米-吨]是多少?

首先,在I图的横座标上求出冲裁制件的直径 $d=800$ 毫米的纵座标A,从A纵座标上引垂线求出其板厚 $t=1$ 毫米的交点B。从B点的纵座标C则可以得知剪裁面积 $A=2500$ 毫米²。接着,转移至II图上,由 $A=2500$ 毫米²的纵座标C向左引水平线和抗剪强度 $K_s=40$ 公斤/毫米²的斜线相交于D点,读其横座标值E,就可以知道剪裁力 $P=100$ 吨。

* 假定作功行程(从剪裁开始到终结为止出模的全行程) $L=t$ (板厚)则在III图上,通过剪裁力 $P=100$ 吨的E点作垂线并通过作功行程 $S=1$ 毫米的斜线交于F点的纵座标G,便给出了所要求的剪切功 $A_k=63$ 毫米-吨。

译注* 此句係按意译,因为图上根本没有原文所叙述的“H点”。

斜刃剪裁时的剪裁力

通常，在落料和冲孔中，凸模的下表面和凹模的上表面是相互平行的平面。因此冲裁是在整个周边上同时发生的，最大冲裁力增大，而且有冲击。使用吨位^{*}大的压力机时还没有问题，但在使用吨位较小的压力机冲裁厚板的场合，就有必要使最大冲裁力变小。因此如第7页所示那样，在落料时就在凹模上开斜刃，在冲孔时就在凸模上开斜刃。通常，为使加工材料不致在模具面上滑移，模具面的斜度要左右对称。

对于斜刃模，由于落料和冲孔是一部分一部分而到全周边的，所以冲裁力是逐渐增加的，而且就可以减少最大冲裁力。但是，凸模的行程与非斜刃模具相比就增大了，不过所要的剪裁功却无变化。此点只要看看图表就明瞭了。

斜刃的高度 H ，根据冲裁制件的形状、尺寸、材料而不同，然而一般地说可以採用以下的数值。

$H = t$ (板料较厚时)

$H = 2t$ (薄板时) t : 板料厚度

斜刃角中一般在 12° 以下。假若斜刃角过大，则板料或者沿着凹模滑动或者使制件易弯曲变形。

求斜刃模剪裁力的近似公式，是以表列公式来表示的。例如当斜刃高度 H 等於板厚 t 时

表1 $\tan \varphi$ 值

φ	$\tan \varphi$	φ	$\tan \varphi$
1°	0.0175	7°	0.1227
2°	0.0349	8°	0.1405
3°	0.0524	9°	0.1584
4°	0.0699	10°	0.1763
5°	0.0875	11°	0.1944
6°	0.1051	12°	0.2125

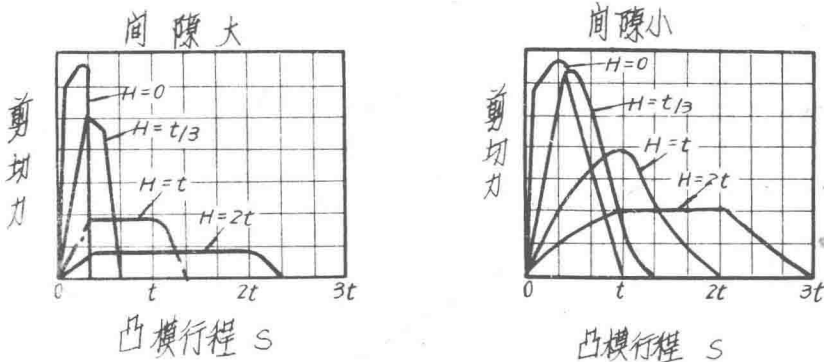


图1 不同斜刃高度下的剪裁力—凸模行程曲线

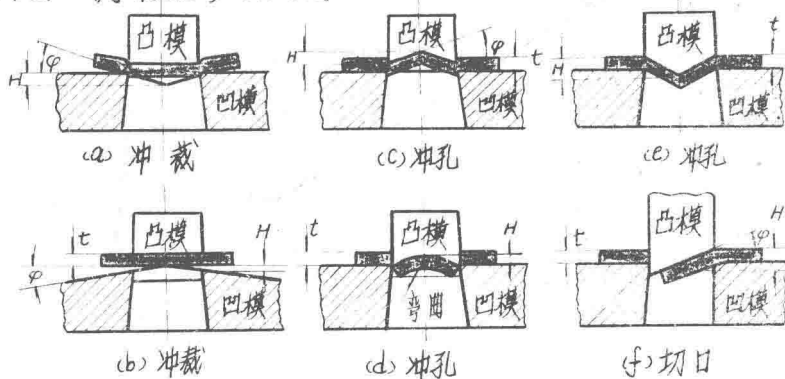
以两边带斜刃的方式对板厚为1.6毫米的软钢板($\tau_b = 32$ 公斤/厘米²)冲直径为10毫米的圆孔时的最大冲裁力就是

$$P = \frac{2}{3} \pi \cdot d \cdot t \cdot \tau_b = \frac{2}{3} \times 3.14 \times 10 \times 1.6 \times 32 = 1090 \text{ 公斤}$$

用斜刃冲裁模时所需冲裁力的近似公式

7

順便說一句,在不帶斜刃的時候最大冲裁力 $P=3.14 \times 10 \times 1.6 \times 32=1600$ 公斤。也就是說,由於具有斜刃,其最大冲裁力就減少了30%。表的b是具有斜刃那一側的矩形的長邊



剪 裁 情 况	使用范围	剪 裁 力 的 近 似 公 式
一 般 的	图 (a) (b) (c) (d) (e)	$P = L t \tau_B K$ $L \leq 200 \text{ mm}$ $H = t$ 时 $K = 0.4 - 0.6$ $H = 2t$ 时 $K = 0.2 \sim 0.4$
长 方 形 冲 裁 (在兩对边上作斜刃)	(a) (b)	$H > t$ 时 $P = 2t \tau_B (a + b \frac{t}{2H})$ $H = t$ 时 $P = 2t \tau_B (a + b/2)$
冲 正 方 孔 (在四个边上作斜刃)	(c)	$P = \frac{4t^2 \tau_B}{\tan \phi}$
圆 形 落 料、冲 孔 (兩边斜刃)	(a) (b) (c)	$H = t$ 时 $P = \frac{2}{3} \pi d t \tau_B$
切 矩 形 口 (一边斜刃)	(f)	$H > t$ 时 $P = t \tau_B (a + b \frac{t}{H})$ $H = t$ 时 $P = t \tau_B (a + b)$

說明 H : 斜刃高度 [mm] ϕ : 斜刃角 [°] d : 圓形直徑 [mm]

a, b : 矩形的短邊和長邊長度 [mm] K : 係數

(Romanowski)

τ_B : 材料的抗剪強度 [Kg/mm^2] L : 剪裁周邊長度 [mm]

* 嚴格地說“噸位”這個術語是欠妥的,因為它不能嚴謹地表示設備的動力。

譯註: * 查羅曼諾夫斯基原著 a, b 應為矩形的短邊和長邊 日文的註誤為長邊和短邊

排樣方法和最小搭邊寬度

排樣的好壞，亦即是材料的利用率問題。因此，對另件的製造成本有很大的影響，而且也給生產效率以及模具製造，維修及其後的加工都帶來影響。

第10頁的圖表所示的是有代表性的排樣方法。第一種排樣法是具有送料搭邊和側搭邊的排樣。第二種方法所表示的是完全取消了搭邊，用剖切下來的辦法生產制件的無廢料排樣。前者，其搭邊寬度必須在所允許的範圍內，取最小值。后者僅僅是由單邊刃口作沖裁，由於給凸模有側壓作用，因此，在技術上出現困難之處很多。而且在後者的情況下必須注意下列諸點：

- (1) 相隣制件的連接線是共通的。
- (2) 制件的毛刺方向隨制件的前後不同而異。

沖裁另件形狀簡單的可以用a法，稍複雜的用b法。a是倒置沖裁的方法，即一次沖裁之後將材料反過來再沖余下的部份，根據形狀，材料利用率可顯著提高。這一方法的缺點是，易於引起工藝性的問題，並成為生產率下降和模具故障的原因。因此，對於材料的導向以及定料銷的位置必須充分注意。

組合沖裁(套料沖裁)是由同一材料沖裁不同種類另件，故顯著提高了材料利用率及生產效率。但是，對於這種方法，各另件的板厚必須相同。

在多排沖裁中，由於有效地利用了搭邊寬度，提高了材料利用率並使生產效率也有所提高。在(制件)數量眾多，形狀簡單的情況下是非常有效的方法。但是由於模具的製造費用一般來說是高的，所以必須認真分析單件成本。

在沖裁之後有彎曲加工的情況下，根據材料，必須對其軋制方以一定角度作沖裁。否則不但其精度降低，甚至產生彎曲裂紋。所以一方面必須研究其和彎曲半徑的關係，另一方面又必須做到提高材料利用率。

第11頁所列的圖表數據表明，由於排樣方法的改進，提高了材料利用率。如果單純從材料利用率的方面看，倒置沖裁，傾斜單排沖裁(無廢料排樣)好是好，然而還必須從前述的生產效率和模具等綜合現象加以研究。則令是材料利用率從80%提高到85~90%，實際的材料費也不會有那麼大的變化。

第11頁右下角的曲線表明，圓形件在多排沖裁的情況下(送料搭邊等於側搭邊)的排數和材料利用率的關係，將橫座標取為排數或者取為送料搭邊a和沖裁另件的直徑d的比值(見11頁左下圖)，下式是計算材料利用率的公式，表明兩者內容相同。

$$\text{材料利用率} = \frac{0.785n}{(1 + \frac{a}{d}) \{ 1 + 2 \cdot \frac{a}{d} + 0.866(n-1)(1 + \frac{a}{d}) \}}$$

式中, n : 排数

送料搭边 = 侧搭边

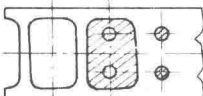
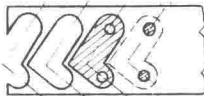
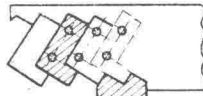
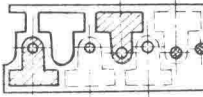
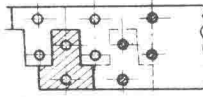
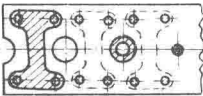
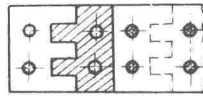
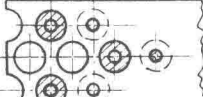
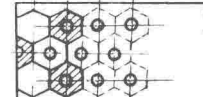
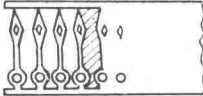
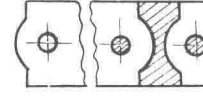
例如, $a/d = 1/10$ 的时候, 用单排冲裁, 材料利用率是 60%, 然而, 用双排冲裁则是 67%, 用 3 排、4 排冲裁则是 69%、70%。也就是说, 用两排到三排冲裁可以大幅度地节省材料。根据曲线中 n 的变化去看曲线的增量(材料利用率方向)也就明白了。

。具有送料搭边和侧搭边时, 其搭边宽度根据另件的形状, 材料与板厚排样方法等有所不同, 然而从工艺上也必须加以研究。

搭边值愈小, 则能够有效地利用材料, 但是, 如果搭边过小就造成材料不规则变形, 就不能正确地送进。再则, 会导制冲裁制件的尺寸不准, 端边变大, 左右侧压力不均並弯曲冲头而“咬住”模具。一般金属材料, 对于 L_1/L_2 小于 50 的场合(13 页上图)如果试比较两者, 则在板厚为 2 毫米时罗曼诺夫斯基(Romanowski)採用搭边值 $a = 1.6$ 毫米, 日本工业规格(JIS)也是 1.6 毫米, 但是在板厚为 3 毫米时, 罗曼诺夫斯基則採用 $a = 2.0$ 毫米, 而日本工业规格則取为 2.2 毫米^{*}1 后者略大。假如说板料厚度变薄, 反过来日本工业规格又变小了(見 12 页右上表及 13 页中间的计标表格——译注)

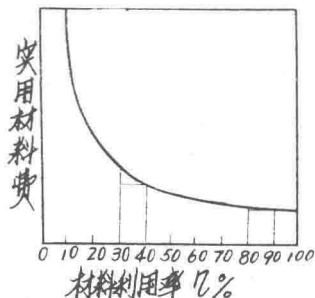
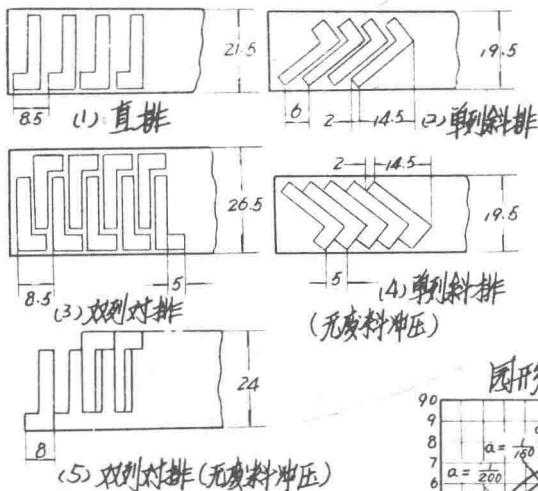
译注: *

原文 JIS 标准为“3.2 毫米”是错误的。根据 13 页 JIS-B5013 计标 $a = 0.4 + 0.6 \times t = 0.4 + 0.6 \times 3 = 2.2$ 毫米, 而从 ω 图上看也是 2.2 毫米左右。
13 页

	1. 有废料搭边及侧搭边的情况	2. 最经济的情况 (无废料排样)
(a) 直排		
(b) 斜排		
(c) 对排		
(d) 混合排		
(e) 多排		
(f) 冲裁搭边		

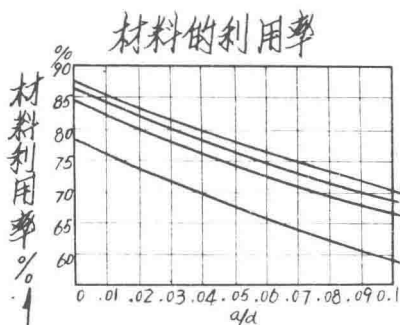
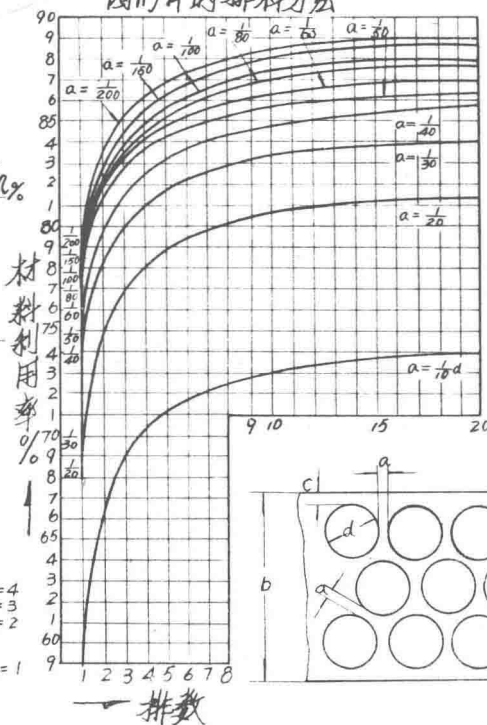
(Romanowski)

由材料排样方法的改进而提高材料利用率率的例子



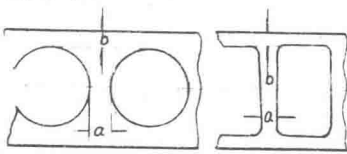
材料利用率和材料费的关系

圆形件的排样方法

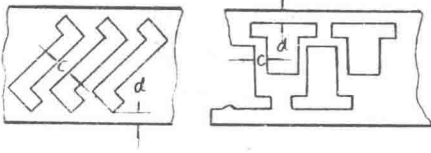


在 $a=C$ 的情况下

简单形状的冲裁



复杂形状的冲裁



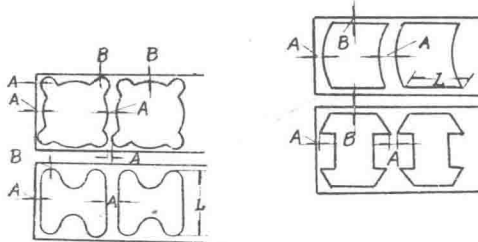
板厚 mm	送进搭边 a, mm	侧搭边 c, mm	侧搭边 b, mm	侧搭边 d, mm
0.3	1.4	2.3	1.4	2.3
0.5	1.0	1.8	1.0	1.8
1.0	1.2	2.0	1.2	2.0
1.5	1.4	2.2	1.4	2.2
2.0	1.6	2.5	1.6	2.5
2.5	1.8	2.8	1.8	2.8
3.0	2.0	3.0	2.0	3.0
3.5	2.2	3.2	2.2	3.2
4.0	2.5	3.5	2.5	3.5
5.0	3.0	4.0	3.0	4.0

注：自动送进时比表值约减少20%
用挡块手动送料时比表值约增加20%。

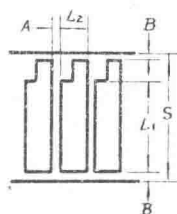
按照轮廓形状确定最小搭边值 (高桥、プレス打抜きと型設計 1964.117)

在一般金属材料的情况下	曲线部份	$A = 0.7t, B = 0.8t$	$A_{min} = 0.4mm$
	钝角部份	$A = 1.25t$	$A_{min} = 0.7mm$
	直线部份	$L \leq 50: A = 1.0t, B = 1.2t$	$A_{min} = 0.5mm$
		$50 < L < 100: A = 1.25t, B = 1.5t$	$A_{min} = 0.7mm$
		$L \geq 100: A = 1.5t, B = 1.8t$	$A_{min} = 1.0mm$

注：在双列单冲排样复杂形状的情况下，上列值要增加50~100%。



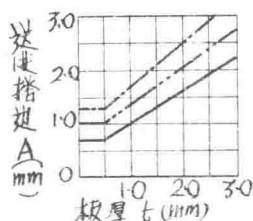
(Romanowski)
(高桥)



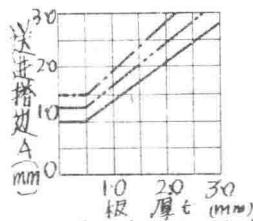
最小搭边宽度 (日本工业规格 JIS B 5013)

材料	平行部分长度 板厚 t 或 L_1 或 L_2	送进搭边 A			侧搭边 B
		< 50	50~100	> 100	
一般金属	< 0.5	0.7	1.0	1.2	1.2A
	> 0.5	$0.4+0.6t$	$0.65+0.7t$	$0.8+0.8t$	
硬钢板	< 0.3	1.2	1.4	1.6	1.2A
	> 0.3	$0.9+t$	$1.1+t$	$1.3+t$	
酚醛塑料 云母	< 0.5	1.2	1.4	1.6	1.5A
	> 0.5	$0.8+0.8t$	$0.9+t$	$1.1+1.2t$	
硬纸板纤维 餐路路	< 0.5	1.0	1.2	1.4	1.5A
	> 0.5	$0.65+0.7t$	$0.8+0.8t$	$0.9+t$	

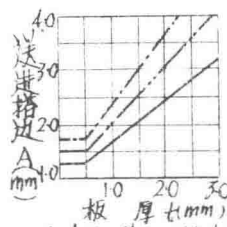
其它材料如毛毡、皮革、桐皮等最小是 15 mm。厚度超过 1.5 mm 的板、纸、纤维等根据冲裁的大小取 2.5~4 mm 左右



(a) L_1 或 L_2 < 50 的情况



(b) L_1 或 L_2 在 50~100 的情况



(c) L_1 或 L_2 为 100 的情况

—— 一般金属
----- 硬钢板
..... 酚醛塑料云母

—— 一般金属
----- 硬钢板
..... 纤维餐路路

—— 一般金属

剪刀形式及简图	剪刀的工作部分 切削角 $\delta = 75^\circ \sim 90^\circ$ 后角 $\gamma = 2 \sim 3^\circ$ 刃刃间隙 $a = 0.05 \sim 0.02$ 毫米 t mm 交角 ϕ 1~3 $1^\circ 15' \sim 3^\circ 30'$ 4~6 $1^\circ 30' \sim 3^\circ 45'$	注 剪切力 P / 压紧力 Q ≤ 10 $11 \sim 20$ $21 \sim 40$ $41 \sim 100$ > 100 1~15 0.1~0.5 0.1~0.4 0.07~0.3 0.05~0.25 2 0.15~0.05 0.15~0.05 0.1~0.4 0.07~0.3 0.07~0.25 2.5~3 0.15~0.7 0.15~0.05 0.15~0.05 0.1~0.4 0.1~0.3																																																		
斜口剪及杠杆剪		可剪切的最小半径 <table border="1"> <tr> <th>D mm</th> <th>1.6</th> <th>3.2</th> <th>4.8</th> <th>6.4</th> </tr> <tr> <td>50</td> <td>50</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>55</td> <td>60</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>70</td> <td>55</td> <td>65</td> <td>70</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>60</td> <td>70</td> <td>75</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>110</td> <td>70</td> <td>90</td> <td>100</td> <td>105</td> </tr> <tr> <td>130</td> <td>80</td> <td>105</td> <td>115</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>150</td> <td>95</td> <td>115</td> <td>125</td> <td>135</td> </tr> <tr> <td>180</td> <td>120</td> <td>140</td> <td>155</td> <td>160</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>140</td> <td>160</td> <td>170</td> <td>175</td> </tr> </table>	D mm	1.6	3.2	4.8	6.4	50	50	—	—	—	60	55	60	—	—	70	55	65	70	—	80	60	70	75	80	110	70	90	100	105	130	80	105	115	120	150	95	115	125	135	180	120	140	155	160	200	140	160	170	175
D mm	1.6	3.2	4.8	6.4																																																
50	50	—	—	—																																																
60	55	60	—	—																																																
70	55	65	70	—																																																
80	60	70	75	80																																																
110	70	90	100	105																																																
130	80	105	115	120																																																
150	95	115	125	135																																																
180	120	140	155	160																																																
200	140	160	170	175																																																
圆盘剪 I (轴平行)		$a < 140$ 交角 $b = (0.2 \sim 0.3)t$ <table border="1"> <tr> <td>t</td> <td>$t > 10$ mm</td> <td>$t < 3$ mm</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>25~30</td> <td>35~50</td> </tr> <tr> <td>h mm</td> <td>50~90</td> <td>20~75</td> </tr> </table>	t	$t > 10$ mm	$t < 3$ mm	D	25~30	35~50	h mm	50~90	20~75																																									
t	$t > 10$ mm	$t < 3$ mm																																																		
D	25~30	35~50																																																		
h mm	50~90	20~75																																																		
圆盘剪 II		$\delta = 30^\circ \sim 40^\circ$ <table border="1"> <tr> <td>t</td> <td>$t > 10$ mm</td> <td>$t < 3$ mm</td> </tr> <tr> <td>D/t</td> <td>20</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>h mm</td> <td>50~80</td> <td>15~20</td> </tr> </table>	t	$t > 10$ mm	$t < 3$ mm	D/t	20	28	h mm	50~80	15~20																																									
t	$t > 10$ mm	$t < 3$ mm																																																		
D/t	20	28																																																		
h mm	50~80	15~20																																																		
圆盘剪 III		$a \geq 0.2t$ $b \geq 0.3t$ <table border="1"> <tr> <td>t</td> <td>$t > 10$ mm</td> <td>$t < 5$ mm</td> </tr> <tr> <td>D/t</td> <td>12</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>h mm</td> <td>40~60</td> <td>10~15</td> </tr> </table>	t	$t > 10$ mm	$t < 5$ mm	D/t	12	20	h mm	40~60	10~15																																									
t	$t > 10$ mm	$t < 5$ mm																																																		
D/t	12	20																																																		
h mm	40~60	10~15																																																		
多盘圆盘剪 (各轴平行) IV		切削角 $\delta = 90^\circ$ $D = (40 \sim 125)t$ $h = 15 \sim 30$ mm $b = (0.5 \sim 0.6)t$ $a = (0.1 \sim 0.2)t$ b: 重叠高度 * ⑤																																																		
振动剪		剪切次数 2000~2500 次/分 往复距离 2~3 毫米 $B = 6 \sim 7^\circ$ $\varphi = 24 \sim 30^\circ$																																																		

译注: ① 查罗曼诺夫斯基《冷压手册》后角为 $2 \sim 3^\circ$ (日文版为 $2 \sim 30^\circ$)
② 此处单位应为“米”(m), 日文版误为“毫米”(mm) 是错误的
③ 查罗曼诺夫斯基《冷压手册》此处 b 应为重叠高度(日文版误为两刃刃间的间隙)。

(Romanowski)

一般, 对凹模后角(退料角、退件角、推件角)标注为 φ , 是使冲裁后的另件为推下去。如果没有后角, 材料便残留在凹模内, 增加所需要的冲力, 并使凹模的磨损也加快。

后角分为无平行部分和有平行部分两种。无平行部分的, 适用于薄板的冲裁, 然而凹模磨损后再磨削凹模面时, 模孔的尺寸就逐渐加大。本页上表1所示为后磨削量的增加与间隙之间的关系。在无平行部分的情况下其后角(推件口角度)通常是 $0.5 \sim 10^\circ$ 。

由于没有平行部分, 即出现如前所述的凹模孔增大, 本页图1则是从凹模上平面起保留数毫米的平行部分, 再磨后角(退件角), 这样就防止了孔径的扩大。在这个平行部分的保留值, 通常是 $2 \sim 5$ 毫米。如果就各种板料厚度详细地看到则为曲线所表示的那样。此外, 推件角通常是 3° 左右。

表1 后磨削量和间隙的关系(毫米)

后磨削量	间隙的增量	
	0.5°	1°
0.2	0.0035	0.0070
0.5	0.0105	0.0209
1.0	0.0175	0.0349
1.5	0.028	0.056
2.0	0.035	0.070
3.0	0.053	0.105
4.0	0.070	0.140
5.0	0.088	0.175

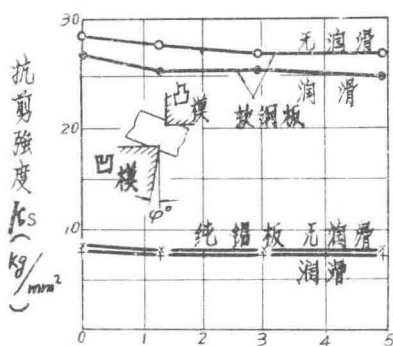


图1. 凹模的后角和抗剪强度的关系

(斋藤 机械学会志, 62(1959)1547)

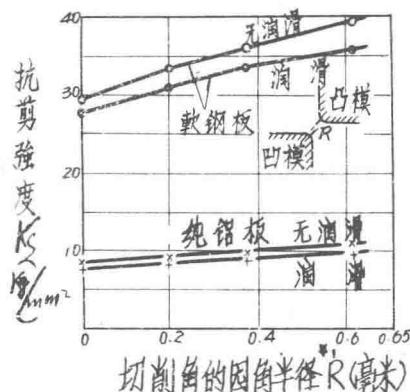


图2 切削角的圆角半径和抗剪强度的关系

材料板厚: 2毫米
润滑剂: 十六烷($C_{16}H_{34}$) + 3% 油酸

译注: 原文为“P”是错误的应为“R”