



[日] 《冲压加工技术手册》编委会 编

谷维忠 徐恩义译

曲建勋 校

冲压加工技术手册

轻工业出版社

内 容 简 介

本手册汇集了现代冲压加工技术的有关数据资料，包括冲裁加工、弯曲加工、拉深加工、模具制造、压力机及有关机器等五大部分。其内容丰富、新颖，运用现代冲压理论（板材冲压性能，成形极限理论等）分析问题，反映了当代冲压技术发达国家的先进水平；总结了历来的现场经验；推荐的计算公式准确可靠，为拟订冲压工艺和设计模具提供了很多科学的参数和依据，是冲压技术工作者一本很好的工具书，也可作为高等院校有关专业教学参考书和设计手册。

プレス加エデータブック

プレス加エデータブック 編集委員会編

日刊工業新聞社 昭和55年1月30日

冲压加工技术手册

谷维忠 徐恩义 译
曲建勋 校

轻工业出版社出版

北京广安门南滨河路25号

轻工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米 1/16 印张：33⁴/₁₆ 字数：750千字

1988年4月 第一版第一次印刷

印数：1—13000 定价：8.90元

ISBN7—5019—0043—4/TS·0027

前 言

薄板的冲裁、弯曲、拉深等冲压加工无疑是许多加工方法中最重要的加工方法之一。这些冲压加工方法是实际所进行的作业量中非常多的，其加工件从身边的家庭用品到生产用的机械，可以说到处都有。冲压加工技术象所有的加工技术一样有非常强的实践性，它是在总结以往生产现场中的创造性试验研究和试行中失败与成功的经验基础上产生的，并在长年生产实践基础上通过不断地改进和提炼而成为现代的冲压技术。过去所积累的资料，是进行现在工作的宝贵财富；在可能的范围内把现在的技术水平记录下来，这对将来的发展也同样重要。

可以看到，在过去二十多年间，冲压加工技术方面取得了显著地进步，加上学术上的研究探讨，冲压加工技术基本上接近完善的阶段。与此同时，有关冲压加工的技术信息，不仅冲压学会的杂志刊登过，而且一般性的技术杂志也普遍地有所刊载，尤其是日刊工业新闻社所发行的月刊杂志《冲压技术》，在冲压加工技术的信息交流中所起的作用非常大。创刊以来，许多作者提供了有关冲压加工方面的技术信息，这些信息都是根据现场实践而总结出来的富有经验性的珍贵资料。但是，在技术信息象洪水一样泛滥的今天，这么多技术资料究竟如何整理、保存，以及是否得到有效利用，还是个疑问。这些技术资料，不能作为只限于某时、某地的信息而被忘却，而应当根据需要，以随时都能查阅到的形式保存下来，可能时，最好是有一本能将其资料汇总成册的资料集。

为了满足这样的要求，上述的《冲压技术》杂志在1978年、1979年4月，分别就冲裁、弯曲、拉深等冲压加工两次发行了资料集。本书就是因上述的资料集在社会上受到好评而修订的一部合订本。

编辑时，将其范围限于冲裁、弯曲、拉深加工，特别是使用一般冲压机械加工，关于回转工具和特殊装置的加工几乎未触及到。另外，本书是以编辑有实用价值的资料集为目的，所以在收集中，说明加工现象的基础资料，只限于其重要内容。收集到的资料太多，因为篇幅的限制，许多被认为很有用的资料而没能收进来。

担任本书编辑的委员中，解释基本原理和特殊加工等加工技术方面的资料由大学、研究所的委员担任；关于模具设计、加工等在实际生产中直接起作用的资料，由平日在这个领域第一线从事实际业务的委员担任。执笔时编辑委员会召开了多次会议，就其内容进行了多次研究。但是，编完后仍能看到资料不足和表达的不充分的地方，作为编者也并不满意。但是由于这样的资料集的产生，而使不足之处更为突出，成为将来补充的契机将是幸运的，期望有一天能出版更充实的改订本。

另外，还必须提到的是，《冲压加工技术手册》所以能出版，这要归功于曾经发表过这样珍贵资料的老一辈专家，对允许我们引用这些技术资料，表示衷心感谢。同时附带指出，出版一本手册的想法是由《冲压技术》杂志社的主编木下惠介先生提出的，如果没有他的努力和热情帮助就不可能顺利出版，在此也深表谢意。

《冲压加工技术手册》编辑委员会代表

中川威雄

1979年12月

执笔者表

- 编辑委员长 中川威雄 (東京大学生産技術研究所)
编辑委员 田村公男 (職業訓練大学校)
(按编写顺序) 松野建一 (工技院機械技術研究所)
铃木 清 (東京大学生産技術研究所)
青木 勇 (東京大学工学部)
佐藤正樹 ((株)日立製作所)
町田辉史 (玉川大学工学部)
中村欣二 (日本無線(株))
林 豊 (住友金属工業(株))
小嶋正康 (住友金属工業(株))
川瀬尚男 (日新製鋼(株))
太田 哲 (太田プレス技術事務所)
佐藤完往 (東洋工業(株))
中村和彦 (千葉工業大学)
福井一男 (富士通(株))
高木六弥 (自転車産業振興協会技術研究所)
足立達也 (東京芝浦電気(株))
小岩井敏雄 (アイダエンジニアリング(株))
小松 勇 (アイダエンジニアリング(株))

译者的话

为适应我国冲压技术和科研发展的需要,现翻译日本《プレス加工データブック》一书,为本行业的科技工作者提供较新的参考书。

本书从理论和实践两个方面阐述了冲压技术的有关数据、资料,为拟订冲压工艺、设计冲压模具提供了参数和科学依据,体现了很强的实用性。它是由日本冲压技术方面的著名学者、专家编写而成,汇集了各国现代冲压技术的有关资料。

本书是由哈尔滨工业大学王仲仁教授推荐的,由曲建勋高级工程师(我国著名的科技翻译工作者,《日汉机电工程词典》编审之一)审校了全书,在这里致以诚恳的谢意。

译者

1985年6月于大连

目 录

第一篇 冲裁加工

第一章 冲裁加工基础 (田村公男, 松野建一, 铃木清, 青木勇)	(3)
1.1 冲裁模具.....	(3)
1.2 剪切线图.....	(5)
1.3 抗剪强度.....	(7)
1.4 剪切功.....	(15)
1.5 剪切现象.....	(18)
1.6 工件切口.....	(21)
1.7 工件精度.....	(26)
1.8 模具寿命.....	(33)
第二章 冲裁模具设计 (佐藤正树)	(50)
2.1 一般知识.....	(50)
2.2 模具设计方案.....	(57)
2.3 模具结构.....	(60)
2.4 凸模.....	(64)
2.5 凹模.....	(68)
2.6 模架.....	(76)
2.7 卸料板.....	(79)
2.8 导料销.....	(81)
2.9 定位装置.....	(85)
2.10 其他零件.....	(89)
2.11 防止故障的方法.....	(101)
第三章 精密剪切 (铃木清)	(103)
3.1 精密剪切方法.....	(103)
3.2 整修方法.....	(104)
3.3 光洁冲裁法.....	(107)
3.4 精密冲裁法.....	(109)
3.5 对向凹模剪切法.....	(126)
3.6 无毛刺剪切法.....	(127)
第四章 简易冲裁模 (松野建一)	(129)
4.1 简易冲裁模分类.....	(129)
4.2 通用模.....	(130)
4.3 钢板模.....	(132)
4.4 钢皮模.....	(133)
4.5 锌合金模.....	(136)

4.6	喷镀模	(137)
4.7	层压模	(138)
4.8	性能比较表	(140)
第五章	非金属材料冲裁	(青木勇) (142)
5.1	剪切方法	(142)
5.2	热固性树脂的剪切	(143)
5.3	热塑性树脂的剪切	(148)
5.4	用刀刃的切断法	(152)
第六章	棒材的剪切	(田村公男, 铃木清) (156)
6.1	剪切刀具	(156)
6.2	剪切切口	(158)
6.3	精密剪切	(162)
6.4	管材的剪切	(166)

第二篇 弯曲加工

第一章	弯曲加工基础	(町田辉史) (171)
1.1	弯曲现象	(171)
1.2	弯曲力	(177)
1.3	材料下料尺寸	(181)
1.4	弯曲裂纹	(186)
1.5	加工精度	(195)
1.6	回弹	(199)
1.7	曲线弯曲	(207)
1.8	工件设计	(212)
第二章	弯曲模具结构	(中村欣二) (216)
2.1	V形弯曲加工	(216)
2.2	端部弯曲加工	(217)
2.3	U形弯曲加工	(218)
2.4	带凸缘的U形弯曲加工	(219)
2.5	错移加工	(220)
2.6	波形加工	(221)
2.7	卷边加工	(222)
2.8	管筒加工	(223)
2.9	折边加工	(225)
2.10	缝、筋加工	(226)
2.11	锁扣加工	(227)
2.12	异形工件的弯曲加工	(228)
第三章	其他弯曲加工	(铃木清) (229)

3.1 各种弯曲加工方法.....	(229)
-------------------	-------

第三篇 拉深加工

第一章 拉深加工基础 (林豊, 小嶋正康, 川瀬尚男)	(237)
1.1 加工方法的分类.....	(237)
1.2 各种缺陷.....	(238)
1.3 成形性.....	(242)
1.4 圆筒件拉深.....	(246)
1.5 盒形件深拉深.....	(257)
1.6 椭圆筒形件深拉深.....	(261)
1.7 凸缘皱折.....	(263)
1.8 薄壁容器筒体拉深皱纹.....	(267)
1.9 拉深壁的强度.....	(274)
1.10 拉深壁的伤害.....	(276)
1.11 成形力.....	(278)
1.12 胀形.....	(282)
1.13 圆形网格试验.....	(288)
1.14 拉深凸缘成形.....	(293)
第二章 拉深加工的工序设计 (太田哲)	(305)
2.1 无凸缘的圆筒件.....	(305)
2.2 带凸缘的圆筒件.....	(308)
2.3 圆锥台形拉深件.....	(309)
2.4 带曲线锥度的圆形件.....	(313)
2.5 阶梯圆筒形件.....	(318)
2.6 顶部带有凹形部分的圆筒件.....	(322)
2.7 U形环状件.....	(323)
2.8 方盒形件.....	(324)
2.9 方锥台零件.....	(327)
第三章 拉深模的结构 (佐藤完往)	(329)
3.1 中小型件单动首次拉深模.....	(329)
3.2 中小型件单动多次拉深模.....	(335)
3.3 中小型件单动反向二次拉深模.....	(337)
3.4 中小型件双动首次拉深模.....	(339)
3.5 中小型件双动二次拉深模.....	(340)
3.6 大中型件单动成形模.....	(341)
3.7 大中型件双动成形模.....	(347)
第四章 拉深模设计 (佐藤完往)	(350)
4.1 设计原则.....	(350)

4.2	基本结构	(368)
4.3	组成零件	(377)
4.4	自动化	(396)
第五章	其他拉深加工	(中村和彦) (399)
5.1	软模拉深	(399)
5.2	橡胶成形	(402)
5.3	液压成形	(404)
5.4	软模胀形加工	(407)
5.5	加热拉深	(408)
5.6	旋压加工	(411)
5.7	高能成形	(412)

第四篇 模具制造

第一章	模具材料与热处理	(福井一男) (417)
1.1	模具材料	(417)
1.2	热处理	(430)
1.3	表面处理	(431)
第二章	金属模具制造工序	(高木六弥, 福井一男) (435)
2.1	冲裁模	(435)
2.2	弯曲模	(441)
2.3	拉深模	(444)
第三章	金属模具加工	(高木六弥, 福井一男) (446)
3.1	金属模具加工设备	(446)
3.2	切削加工	(456)
3.3	磨削加工	(461)
3.4	电火花加工	(465)
3.5	精加工	(471)

第五篇 压力机及有关机器

第一章	压力机	(足立達也, 小岩井敏雄, 小松勇) (479)
1.1	压力机的型式	(479)
1.2	压力机的能力	(490)
1.3	压力机的精度	(494)
1.4	压力机的速度	(497)
第二章	有关机器	(足立達也, 小岩井敏雄, 小松勇) (499)
2.1	自动化装置	(499)
2.2	模具更换装置	(508)
2.3	模具缓冲机构	(511)

2.4	事故检测装置.....	(512)
2.5	冲压加工的安全化.....	(513)
2.6	去毛刺装置.....	(519)
附录	与本书有关的国际单位换算表.....	(520)

第一篇 冲裁加工

第一章 冲裁加工基础

1.1 冲裁模具

1.1.1 基本冲裁模结构

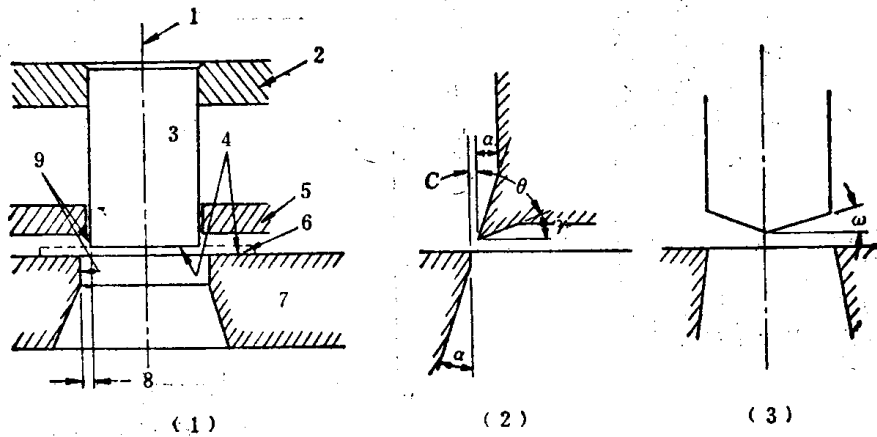


图 1.1.1 冲裁模具的基本部分

α : 后角 θ : 刀尖角 γ : 前倾角 C : 间隙 ω : 斜角

(1) 冲裁模具名称 (2) 模具刃口名称 (3) 斜刃模具

1—模具轴线 (凸模轴线、凹模轴线) 2—凸模固定板 3—凸模 4—模具面 (凸模面、凹模面)
5—卸料板 6—加工材料 7—凹模 8—间隙 9—模具侧面 (凸模侧面、凹模侧面)

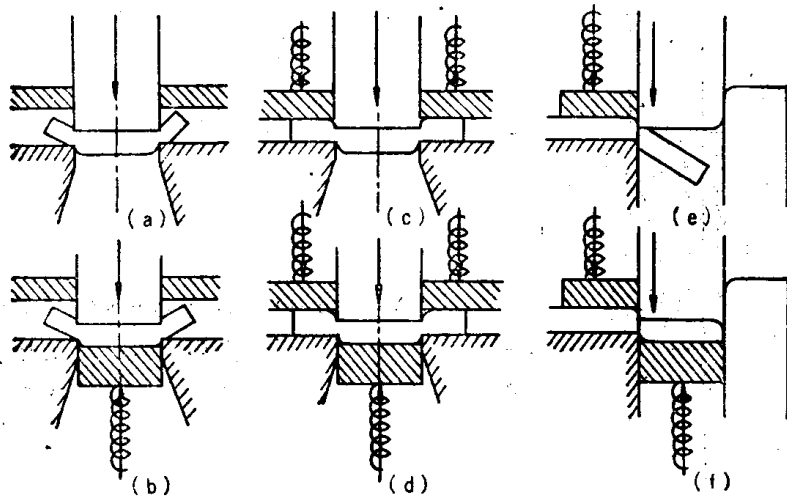


图 1.1.2 材料的支承方法

(a) 自由支承 (b) 带反压的自由支承 (c) 固定支承 (d) 带反压的固定支承 (e) 单边固定支承 (f) 带反压的单边固定支承

冲裁模具基本上是由凸模、凹模、卸料板组成。有时凸模、凹模的刃口部分带有斜

角。卸料板的作用是冲裁后从凸模上取下料件。冲裁模具根据材料的支承方法有6种形式。通常如图1.1.2的(a)、(b)称为固定卸料，(c)~(f)称为活动卸料。

在材料的支承方法中，(a)、(e)对材料的约束弱；(d)、(f)对材料的约束强，要求精度高时常被采用。

1.1.2 刃口部分的应力状态

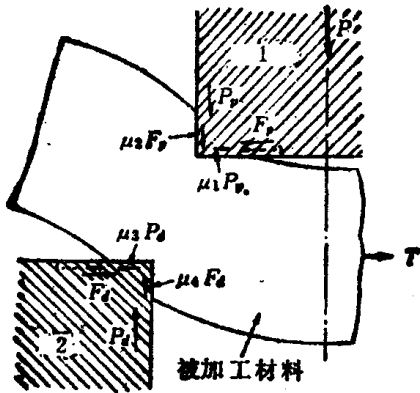


图 1.1.3 模具刃口作用在板材上的力
1—凸模 2—凹模

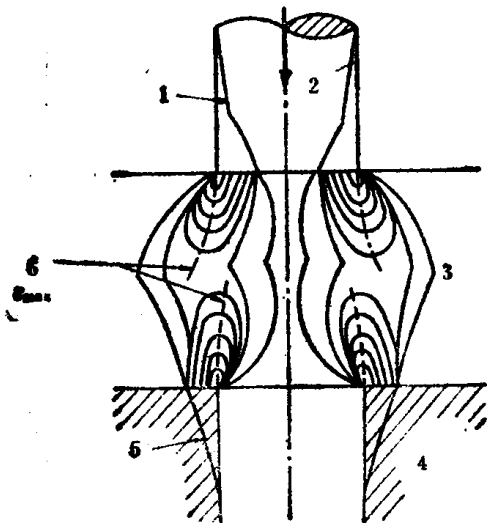


图 1.1.5 材料的应力分布和模具力分布

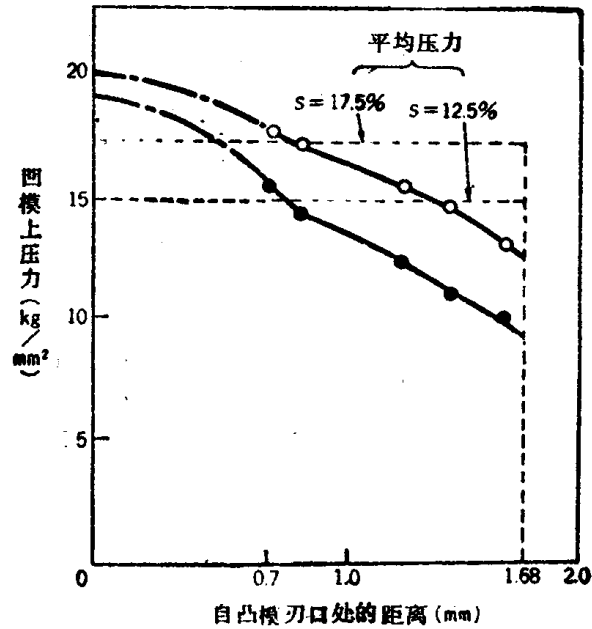


图 1.1.4 凹模上的压力分布 (春日, 梶, 森)
纯铝, $t=4\text{mm}$ 横向间隔:
15% 纵向间隔: 3mm
● 12.5% } 凸模行程
○ 17.5% }
 S_i 行程

(Timmerbeil) 1—凸模力分布 2—凸模 3—板材
4—凹模 5—凹模力分布 6—最大剪切应力线
注: 实线为压缩应力

在剪切过程中,材料受到凸模面及凹模面压力和摩擦力即 $P_p \cdot \mu_1 P_p$ 和 $P_d \cdot \mu_2^* P_d$ 的作用,同时,受到凸模侧面及凹模侧面的 $F_p \cdot \mu_3^* F_p$ 和 $F_d \cdot \mu_4 F_d$ 的作用。其中 μ_1 、 μ_2 、 μ_3 、 μ_4 是各个面上的摩擦系数。

$P = P_p + \mu_2 F_p$ 或 $P = P_d + \mu_4 F_d$ 是加工力,叫着剪切载荷或冲裁力。

$F = F_d - \mu_3 P_d$, $F' = F_p - \mu_1 P_p$, F_d 和 F_p 分别叫着凹模侧压力和凸模侧压力。

由于剪切加工所引起的材料的变形局限于间隙及其附近部分,对于模具面,其刃口部分承受集中应力的作用,随着离开刃口的距离,急剧减少。

1.2 剪切线图

1.2.1 剪切过程和剪切线图的对应

凸模下降从接触到材料至分离,剪切结束。剪切过程大致可分为三个阶段。

(1) 初期——剪切开始到A点的初期阶段,剪切力还很小(图中O~A)。

(2) 剪切期——凸模开始压入材料内到刃口处发生裂纹(C点)的过程,是形成剪切面阶段。随着凸模压入材料的深度的增加剪切力急剧地增加(图中A~C);这期间,塌角随剪切力的升高而增大。

(3) 断裂期——由刃口处产生裂纹(C点),此裂纹发展并贯穿整个板厚的时期,形成了断裂面(D点),剪切力达到最高点后急剧地下降(图中C点以下)。

对于软钢,若采用合适的间隙,凸模压入量达到板厚的1/3左右,剪切过程就结束了。

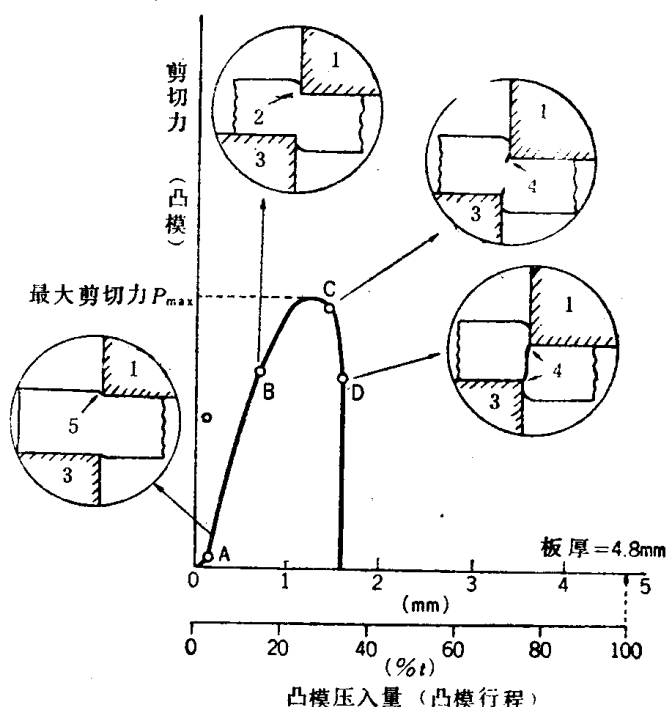


图 1.1.6 剪切线图和被加工材料的变形

1—凸模 2—剪切面 3—凹模
4—裂纹 5—塌角

剪切线图,依据材料、间隙的不同而变化。其形式如图1.1.7所示。

剪切力的最高值叫着最大剪切力。剪切线图围起来的部分的面积等于剪切功。

• 1 原文为“ μ_3 ”。 • 2 原文为“ μ_2 ”——译者注。

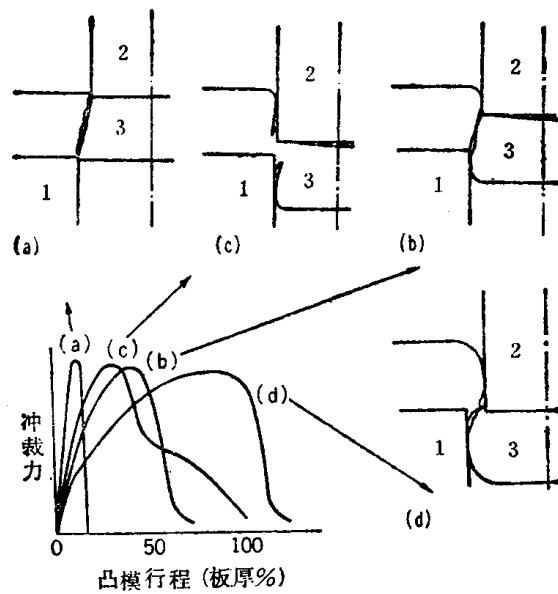


图 1.1.7 不同材料和间隙所产生的不同剪切线图

(a) 脆性材料间隙合适 (b) 塑性材料间隙合适 (c) 塑性材料间隙小 (二次剪切面)
(d) 塑性材料间隙大 (弯曲、毛刺大)

1—凹模 2—凸模 3—工件

1.2.2 速度和温度对剪切线图的影响

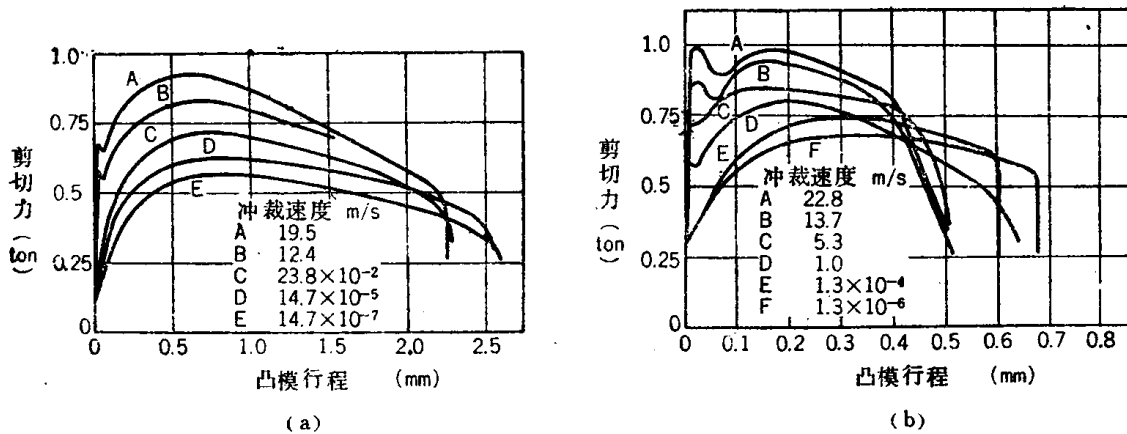


图 1.1.8 高速及低速冲裁时的剪切线图 (A·R·DOWling等)

(a) 铝 (板厚3.2mm) (b) 软钢 (含碳量0.045%板厚0.8mm) 凸模直径: $d_p=9.53\text{mm}$
凹模孔径: $d_s=9.58\text{mm}$ 间隙: $0.025 \pm 0.005\text{mm}$

在每秒数米以上高速时, 剪切力和凸模行程的正确测定是困难的。公开发表的可靠的剪切线图资料较多, 上图所示是其中一例。

铝、软钢等塑性好的材料, 随着剪切速度升高最大剪切力增加, 冲裁结束时的凸模行程减少。

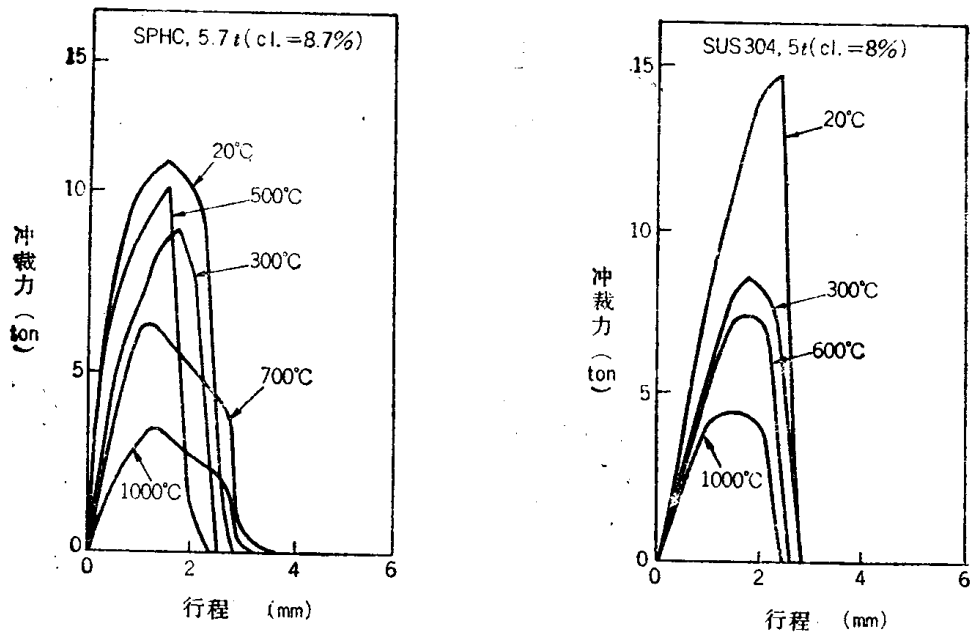


图 1.1.9 热状态下的剪切线图 ($D = \phi 20.2\text{mm}$) (田丁田, 中川, 铃木)
(c1—间隙)

一般情况下, 温度越高其最大冲裁力越减少, 冲裁结束时的凸模行程变长。
但是, 对于钢材, 因为蓝脆性的影响, 温度约 500°C 左右, 最大冲裁力比其上下温度 (700°C 和 300°C) 时都大。达到极大值就急剧地下降, 显示出脆性。

1.3 抗剪强度

1.3.1 各种材料的抗剪强度和最小冲孔直径

表 1.1.1. 各种材料的抗剪强度、抗拉强度

材 料	抗剪强度 K_s (kg/mm ²)		抗拉强度 σ_B (kg/mm ²)	
	软 质	硬 质	软 质	硬 质
铅	2~3	—	2.4~4	—
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
德银	28~36	45~56	35~45	55~70

续表

材 料	抗剪强度 K_{sm} (kg/mm^2)		抗拉强度 σ_B (kg/mm^2)	
	软 质	硬 质	软 质	硬 质
银	19	—	26	—
热轧钢板 (SPN1~8)	26以上		28以上	
冷轧钢板 (SPC1~3)	26以上		28以上	
深拉延用钢板	30~35		32~28	
结构用钢板 (SS34)	27~36		33~44	
结构用钢板 (SS41)	33~42		41~52	
钢 (0.1% C)	25	32	32	40
钢 (0.2% C)	32	40	40	50
钢 (0.3% C)	36	48	45	60
钢 (0.4% C)	45	56	56	72
钢 (0.6% C)	56	72	72	90
钢 (0.8% C)	72	90	90	110
钢 (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
皮革	0.6~0.8		—	
云母 (0.5mm厚)	8		—	
云母 (0.2mm厚)	5		—	
硬化纸板	9~18		—	
桦木	2		—	

(Schuler社, BliSS社)

表 1.1.2

冲裁实用最小孔径 d_{min} (t =板厚)

被加工材料	冲普通孔		精密的卸料导向模	
	冲 圆	冲 方	冲 孔	$d \geq 0.4\text{mm}$
			冲 圆	冲 方
硬 钢	$1.3t$	$1.0t$	$0.5t$	$0.4t$
软钢, 黄铜	$1.0t$	$0.7t$	$0.35t$	$0.3t$
铝	$0.8t$	$0.5t$	$0.3t$	$0.28t$