

冲压件缺陷及消除方法

重庆大学出版社



重庆大学出版社

符 号 索 引

1. r_p 凸模圆角半径
2. r_d 凹模圆角半径
3. r_{cp} 方形拉深件角部凸模圆角半径
4. r_{cd} 方形拉深件角部凹模圆角半径
5. r_c 方筒角部半径
6. r 值 塑性各向异性
7. n 值 加工硬化指数
8. SPCC 日本金属材料标准 一般冷轧钢板
9. SPCC-S-B 同上, S表示标准调质, B表示表面粗糙度
10. CCV值 杯突试验

内 容 简 介

这是一本介绍冲压件缺陷产生原因及消除方法的专著，内容丰富，实用性强。全书共分三章，分别对冲裁、弯曲和拉深加工中，由于板料质量、压力机精度、模具结构和冲压工艺过程等所引起的各种缺陷，以及应当采取的相应措施作了比较全面的介绍。可供从事冲压工作的各级科技人员、生产工人及大、中专院校师生参考。

编译者的话

本书系根据日本太田哲著的《プレス加工技術マニュアル》编译，着重取材其第四、五、六章。

冲压加工技术极富经验性，要解决冲压加工中的缺陷更是如此。这本书列举的冲裁、弯曲和拉深加工中的各种缺陷及其解决办法，是日本长期科学试验和生产实践的经验总结，内容丰富，通俗易懂，很有参考价值。

我们把日本的经验介绍给我国的冲压同行，如果对解决冲压加工中的缺陷问题有所帮助的话，编审者将感到无限欣慰。

限于我们的生产实践经验和编译水平，文中如有不妥之处，恳请各位读者批评指正。

编 译 者

一九八七年冬

目 录

第一章 冲裁加工中缺陷产生的原因及其消除方法	(1)
一、由发热引起的故障	(1)
二、剪切断面形状不良	(2)
1. 四周产生二次剪切和出现较高而薄的毛刺	(2)
2. 四周产生较厚而高的毛刺	(3)
3. 毛刺的高度不齐	(3)
4. 剪切断面某处出现大毛刺 (压缩毛刺)	(5)
5. 剪切断面呈现线状筋条	(5)
6. 卷边	(6)
三、冲压件形状不良	(7)
1. 翘曲 (弯曲)	(7)
2. 扭曲	(8)
3. 变形	(8)
四、废料堵塞	(9)
五、废料上移	(11)
第二章 弯曲加工中缺陷产生的原因及其消除方法	(14)
一、弯曲裂纹	(14)
二、翘曲	(16)
三、回弹	(17)
四、冲撞缺陷	(22)
五、形状不良、精度差	(23)
1. 进行V形弯曲时引起直边弯曲	(23)
2. 折边形状左右不对称	(23)
3. 臃凸	(24)
4. 弯曲线垂直度不好	(25)

5. 扭曲	(25)
6. 形状精度不好	(25)
7. 孔精度不好	(26)
第三章 拉深成形中缺陷产生的原因及其消除方法	(27)
一、制定消除缺陷的方法	(27)
1. 慎重而准确地检查缺陷	(28)
2. 推断原因	(29)
3. 制定措施	(29)
二、深拉深破裂	(29)
1. 凸模肩部 (r_p) 相应部位破裂	(30)
2. 凹模肩部 (r_d) 相应部位破裂	(37)
3. 纵向破裂	(39)
4. 自然时效裂纹	(40)
5. 壁破裂	(41)
6. 直边壁破裂	(44)
7. 侧壁端面裂纹	(46)
8. 侧壁纵向裂纹	(48)
三、胀形破裂	(49)
1. 凸模肩部相应部位破裂	(51)
2. 凹模肩部相应部位破裂	(54)
3. 胀形时凸模棱线部位产生裂纹	(55)
四、凸缘延伸裂纹	(55)
1. 凸缘延伸边缘裂纹	(56)
2. 凸缘延伸内裂纹	(60)
3. 凸缘延伸侧壁裂纹	(61)
五、纵弯曲折皱	(63)
1. 凸缘折皱	(63)
2. 壁折皱	(68)

3. 薄壁容器筒体拉深皱纹、拉深筒体皱折·····	(71)
4. 发生于凸模底部的纵向弯曲·····	(75)
5. 剪切折皱·····	(77)
6. 不均匀拉伸折皱·····	(78)
六、壁增厚折皱·····	(81)
1. 在凸模纵断面形状急骤变化部位产生的壁增厚折皱·····	(82)
2. 反弯曲形、鞍形、葫芦形的壁减薄折皱·····	(85)
3. 由于拉深深度变化而引起的折皱·····	(87)
4. 复杂形状的壁折皱·····	(89)
七、表面精度不良 (外观不好) ·····	(90)
1. 折线·····	(90)
2. 冲撞痕线·····	(91)
3. 线偏移·····	(97)
4. 臃凸·····	(102)
5. 真空变形和排气伤痕·····	(104)
6. 扭曲·····	(107)
7. 凹陷·····	(108)
8. 收缩、垂弛·····	(111)
9. 翘曲·····	(112)
10. 弓背形·····	(112)
11. 模具碰撞伤痕·····	(113)
12. 模子印痕·····	(113)
13. 麻点·····	(114)
八、表面形状不良·····	(115)
1. 表面粗糙·····	(115)
2. 拉伸滑带·····	(117)

● 第一章 ●

冲裁加工中缺陷产生的原因及其消除方法

一、由发热引起的故障

到目前为止，消除冲裁加工中所产生的缺陷，均以在静态下调整模具间隙为主要措施。然而，近年来随着自动化技术的发展，加工速度提高，使得面压较高的冲裁加工增加，在加工过程中常常产生发热现象，因此，我们不能忽视由它带来的影响。

根据金属材料的塑性变形原理，在剪切时发热会引起温升。据报道，对低碳钢冲裁时，瞬时可达到700℃的高温。从而，在冲裁加工过程中，由于凸、凹模在高温下连续作业，软化后的被加工材料粘着在凸模侧面并不断增大，只有当达到某种极限时才会脱落，这样反复循环，最终产生啃模现象，加速磨损。

由于在加工过程中产生侧面压力及高温膨胀，使凸凹模之间的模具间隙发生变化；切口形状突然改变或产生较大的三角形毛刺；或者出现啃模现象。当然，在实际工作中遇到的不可理解的现象还很多。

以不锈钢板为例，对发热量大而热传导率低、热膨胀系数大的材料进行高速连续冲裁时，若仅仅为了防止发热，可采取冷却方式；若在冲裁时产生“缩颈”，如不迅速清除模具内的制品，则无法进行连续高速冲裁。

为此，如有可能，可使用液体润滑法，通过水溶液进行清洗、冷却、润滑。如不能采用液体润滑法，采用吹压缩空气的办

法，也能达到同样的效果。

二、剪切断面形状不良

一般所说的最佳间隙，是指毛刺和塌角小，而且剪切断面的残余应力小，模具寿命长，具有最稳定的剪切断面形状的间隙。因此，如对剪切断面形状没有特别的要求，一般加工中常用的间隙，切口会出现10~15%的剪切面。

随着间隙变小，断裂面倾斜角变小，剪切断面会出现二次剪切面和薄而高的毛刺。当进行高速冲裁时，即使是常用间隙，也会得到平直的剪切断面。

因此，在决定间隙时，必须考虑到所要求的剪切断面形状，被加工材料的材质，以及润滑方法等。

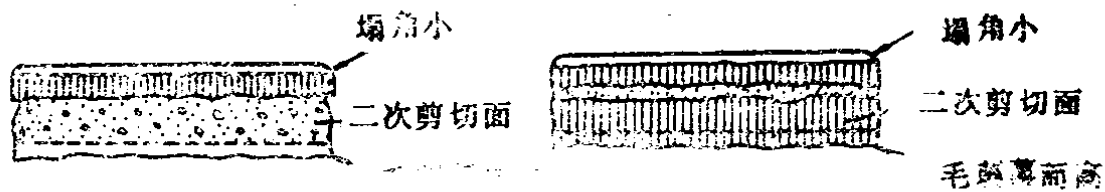
1. 四周产生二次剪切和出现较高而薄的毛刺

原因

- (1) 间隙过小；
- (2) 刃口磨损。即处于需要再研磨的时期。

消除方法

(1) 一般情况下，冲裁时产生二次剪切，是由于间隙太小。故需增大间隙。至于研磨凸模还是凹模，则需测量产品尺寸，根据图纸的公差尺寸来决定。



① 低碳钢 4 - 5 % 的间隙

② 低碳钢 1 - 2 % 的间隙

图1·1 间隙大小

(2) 在批量生产时, 如果刃口磨损, 冲裁时裂纹产生就会滞后, 剪切断面形状同间隙过小时的形状相近似。而且, 毛刺的高度也同时增高。因而, 在批量生产时为了确定刃口磨损后再研磨的期限, 需测定毛刺的高度, 如达到极限就进行再研磨。

2. 四周产生较厚而高的毛刺

剪切断面的塌角和倾斜角大, 而中部呈现明显的凹状, 毛刺不但高, 而且截面呈三角形, 不使用锉刀就不能去除。这种冲压件一般都是残次品。

原 因

(1) 间隙过大;

(2) 在多次研磨中, 凹模的垂直度降低, 对于全锥度凹模而言, 则是由于再研磨而出现超差。

消除方法

缩小间隙:

(1) 形状简单、体积小时可返工制作;

(2) 冲裁小而薄的产品, 可进行电火花硬化加工处理;

(3) 将模具退火, 修复刃部, 再进行热处理和研磨;

(4) 堆焊修复处理;

(5) 压镶块时要用模具垫板, 待压出刃部后再进行加工。

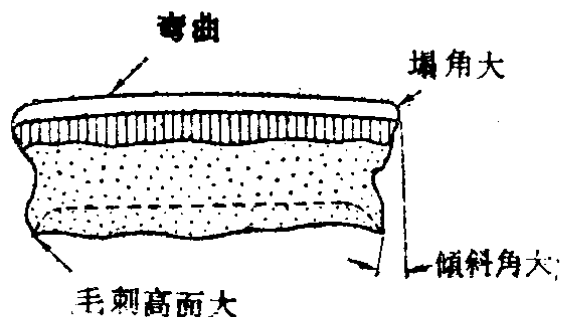


图1·2 间隙过大

3. 毛刺的高度不齐

间隙过大或过小时, 毛刺的高度增加。其中, 间隙过大, 产生三角毛刺, 厚度增加; 间隙过小, 毛刺薄而高, 产生二次剪切。

原 因

- (1) 间隙局部不一致;
- (2) 刃口的塌边引起局部偏差;
- (3) 由于模具偏心会导致毛刺高度有一半不一致;
 - a. 模具安装不好;
 - b. 导柱装配不好;
- (4) 导柱松动。
- (5) 压机精度差。

消除方法

(1) 去毛刺后, 产品剪切断面形状不平时, 是因为间隙局部过大或过小, 故需加以修正。

(2) 刃口受到局部磨损, 或者由于淬火硬度差, 局部产生塌边 (如图1.3所示), 毛刺根部 R 增大, 故需进行研磨。

(3) 凸模与凹模不同心, 这是由于剪切断面一半过大, 一半过小, 这一点很容易理解 (图1.4)。

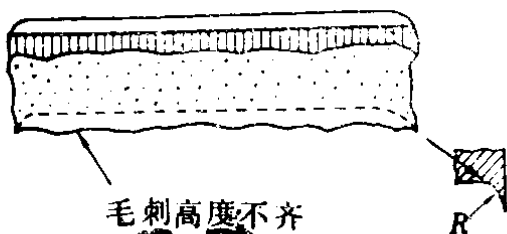


图 1.3 切口产生磨损或塌边

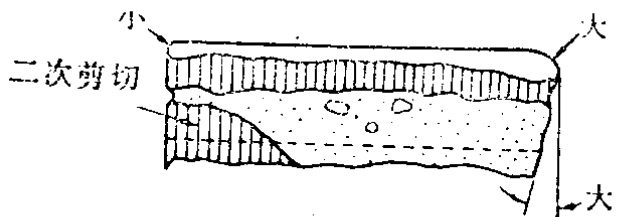


图 1.4 毛刺不对称

如果是模具或导柱装配不好的原因, 进行调整就可以了。但是, 如果每个行程中模芯位置都有改变的话, 则是由于模具装配部分松动, 需取出模芯加以紧固校正。

(4) 冲裁时由于受到推力的作用, 会产生不同心。当侧承块或导承板受力时, 为了保证精度, 必须使用导柱, 但使用导柱后, 如果同心度还不好, 则是因为导柱质量差之故。

(5) 压力机不好。

4. 剪切断面某处出现大毛刺 (压缩毛刺)

如图1.5所示,剪切断面某处出现明显舌状部分,称为压缩毛

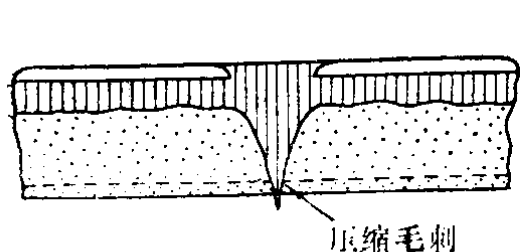


图 1.5 压缩毛刺

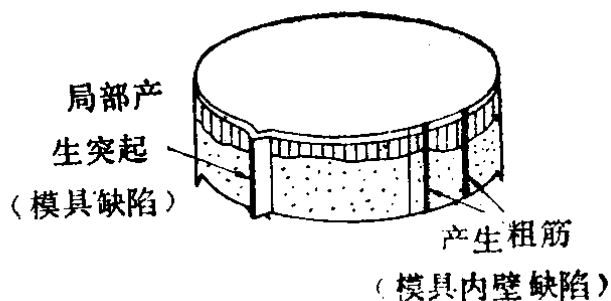


图 1.6 剪切断面缺陷

刺。

原 因

- (1) 间隙整体偏小, 并且凹模刃口某处出现塌角或缺口;
- (2) 凹模后角出现倒锥度;
- (3) 凹模孔精加工困难, 有粗糙面, 压坏了裂面高的部分。

消除方法

- (1) 调整间隙, 修磨刃口。
- (2) 用砂轮去除由于反复碰撞而产生的凹模后角光亮部分。
- (3) 修模模孔垂直壁接触斑点严重的部分。

5. 剪切断面呈现线状筋条

所谓线状筋条 (图1.6), 就是剪切断面部位出现凸形线条或凹形线条的现象。

原 因

- (1) 凹模某处有缺口或卷刃等损伤;

(2) 由于润滑剂选择不当或不足, 引起模具烧蚀;

(3) 断屑或异物混入, 粘着在模具上。

消除方法

(1) 模具在定心操作中卡死, 或者由于模具硬度过高, 引起崩缺或卷刃。前者最好修磨咬死部分, 而后者最好降低模具硬度, 否则, 将再次发生崩缺和卷刃。

(2) 如果是因为冲裁过程中发热引起毛坯膨胀而卡死在模具内壁, 刮伤模具, 必须在采用后角的同时, 改变润滑剂。

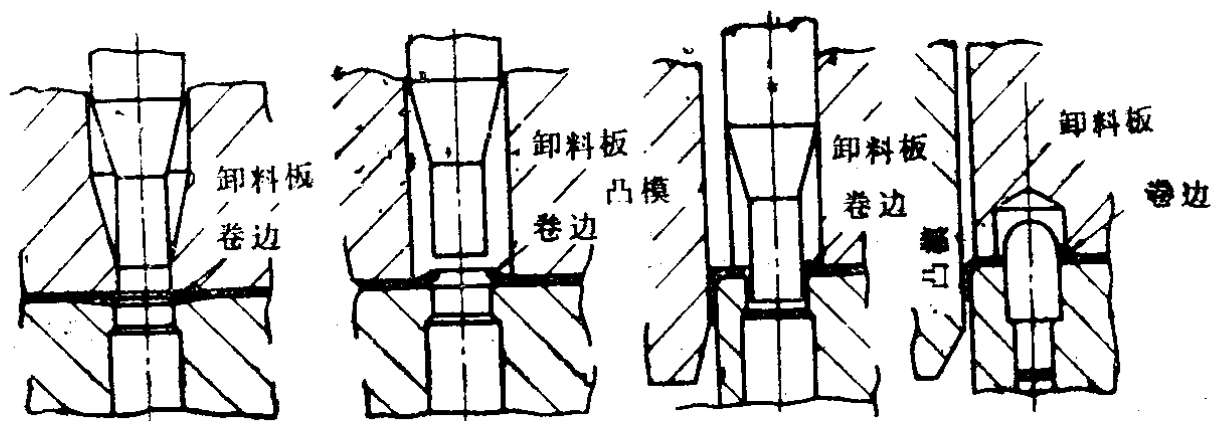
(3) 如果因收缩或异物融着在凹模内壁上使其产生缺陷, 则必须采取不使污垢附着在毛坯上的措施。

6. 卷 边 (图1.7、图1.8)

冲裁孔上出现的卷边现象, 由于产生的原因不同, 形状也各不相同。

(1) 由于凹模面不平产生卷边。

如图1.7 (a) 所示, 当凹模刃口塌边或者缺口时; 进行局部修正后在凹陷状态下冲裁时, 往往会产生上述缺陷。采用提高模具表面精度的方法予以消除。



a) 模具表面凹陷产生卷边

b) 卸料板设计误差产生卷边

c) 拉伸卷边

d) 拉伸卷边

图1.7 各种因素引起的卷边

(2) 由于卸料板设计不当产生卷边。

如图1.7 (b) 所示, 由于卸料板与凸模间隙过大而产生卷边。措施是卸料板必须靠近凸模 (详见图 1.8)。

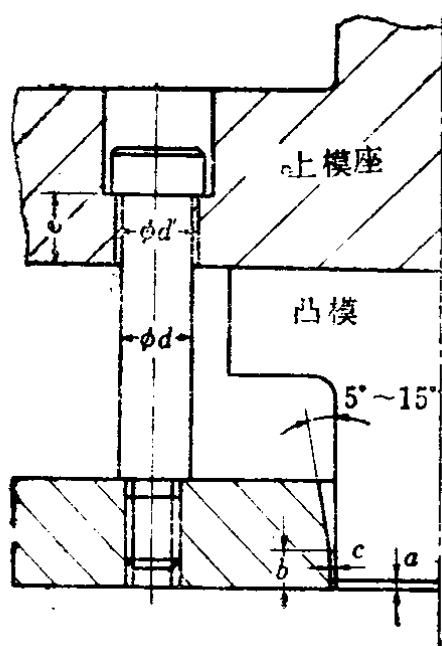
另外, 即使按图1.8进行设计, 但如果卸料板的力量弱, 也往往会出现同一现象。

(3) 当同时进行弯曲和冲裁时, 由拉伸引起的卷边。

当弯曲加工和冲裁加工同时进行, 由于孔被拉伸成椭圆形往往也会产生卷边。其措施是: 或者将两道工序分开, 或者注意冲裁和弯曲的同步进行。

(4) 进行弯曲加工时, 导向孔成椭圆状。

如图1.7 (d) 所示, 用孔导向进行弯曲加工时, 由于拉伸, 孔变成椭圆形。措施是提高卸料板压力或者改变导向方法。



a: 标准 0.5mm

b: 垂直壁 3~5mm

c: 凸模和卸料板的间隙最好小一些,
一般使用: 小直径凸模 0.15mm 以下
大直径凸模 0.25mm 以下

ϕd : $\phi d + (0.3 \sim 0.5) \text{ mm}$

e: 尽可能小

铸铁: $e_{\min} = \phi d$

钢: $e_{\min} = 3/4 d$

图 1.8 防止卷边

三、冲压件形状不良

冲裁时, 冲压件往往会产生翘曲、扭曲、变形等缺陷。

1. 翘曲 (弯曲)

冲压件呈曲面的现象称之为翘曲（弯曲）。

原因及消除方法

（1）由于材料的各向异性和卷材未矫平所致。可采用卸料板、顶料杆等材料紧紧压住再进行冲裁。对中、厚板料冲裁时，用板厚 $1/3 \sim 1/4$ 的剪切行程的剪切角斜刃模，则效果良好。

（2）剪切角设计过大或剪切角合理搭边太小，都会产生上述缺陷。修正剪切角，适当增加搭边宽度，即可解决。

（3）当模具结构上没有设计顶杆压料垫时，冲裁后需进行校正。

2. 扭 曲

冲压件呈扭歪状的现象称之为扭曲。

原因及消除方法

（1）将带状材料剪断时，产品难免呈扭歪形状。采用有顶料杆，卸料板的落料模即可解决。

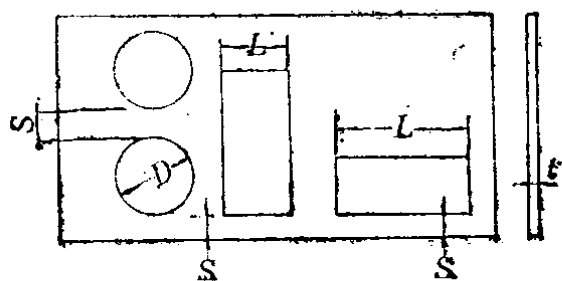
（2）但是，即使用上述落料模，如果斜刃剪切角过大，也会产生扭曲现象。其措施是：在减小剪切角的同时，更换成吨位更大的压力机。

（3）如因间隙不均匀而产生扭曲，则需修正刃口。

（4）碰到凹模的后角而不能均匀落料时，则易发生扭曲现象。措施是观察剪切断面，修正后角。

3. 变 形

在坯料边缘冲孔，或孔距太近，会因胀形而产生变形。如图1.9所示。



$D < 5t$ 时 $S = 1.5t$ (min)
 $D > 10t$ 时 $S = 2.0t$ (min)
 $L < 10t$ 时 $S = 2.0t$ (min)
 $L > 25t$ 时 $S = 40t$ (min)

图 1.9 变形极限说明图

四、废料堵塞

因为毛刺过大、凸模破损、凹模破裂，造成冲裁后废料完全堵塞凹模。

原因及消除方法

(1) 凹模直壁过高。

如果凹模直壁过高，被冲下的废料堵塞在模具内而产生裂纹。图1.10为直壁的标准尺寸。通常，被冲下来的废料，只允许在凹模内有2~3片轻微堵塞。

校正模具的直壁时，涂上红丹粉，调正直角度，要有一个碰不到的后角。即出料口尺寸比直壁要稍大一些。

特别是对膨胀系数大的材料，例如不锈钢等，可设计成图1.10(b)那样的全锥度模具，使每次冲裁时，材料都能自由落下。

(2) 碰撞后面*。

当废料碰撞凹模的后面时，由于材料满满地堵塞在内壁，废屑在凹模内膨胀，造成模具裂痕。

板厚 mm	a 值
1.2 以下	6.0
3.2 "	10.0
4.5 "	11.0
6.0 "	12.0

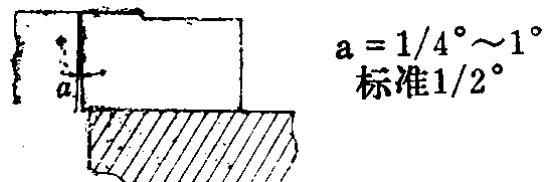
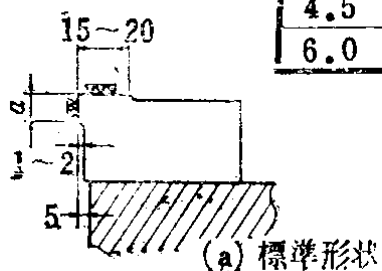


图 1.10 直壁尺寸

* 文中的“后角”和“后面”与车刀中“后角”和“后面”相似。

要使模具内壁的2~3块重的废料迅速下落，只要增加一点锥度，故障就可减少。

(3) 由于润滑油和毛刺的原因，难于连续分离。

当间隙过小，又使用高粘度的润滑油时，冲裁下来的材料，就会产生粘接现象。

废料直接下落时，当粘接数量达到一定程度后，会由于振动和自重而落下；当改变排出方向时，由于卸料槽角度和卸料槽工作面粗糙的原因，而完全堵塞，是造成凸凹模损坏的原因。

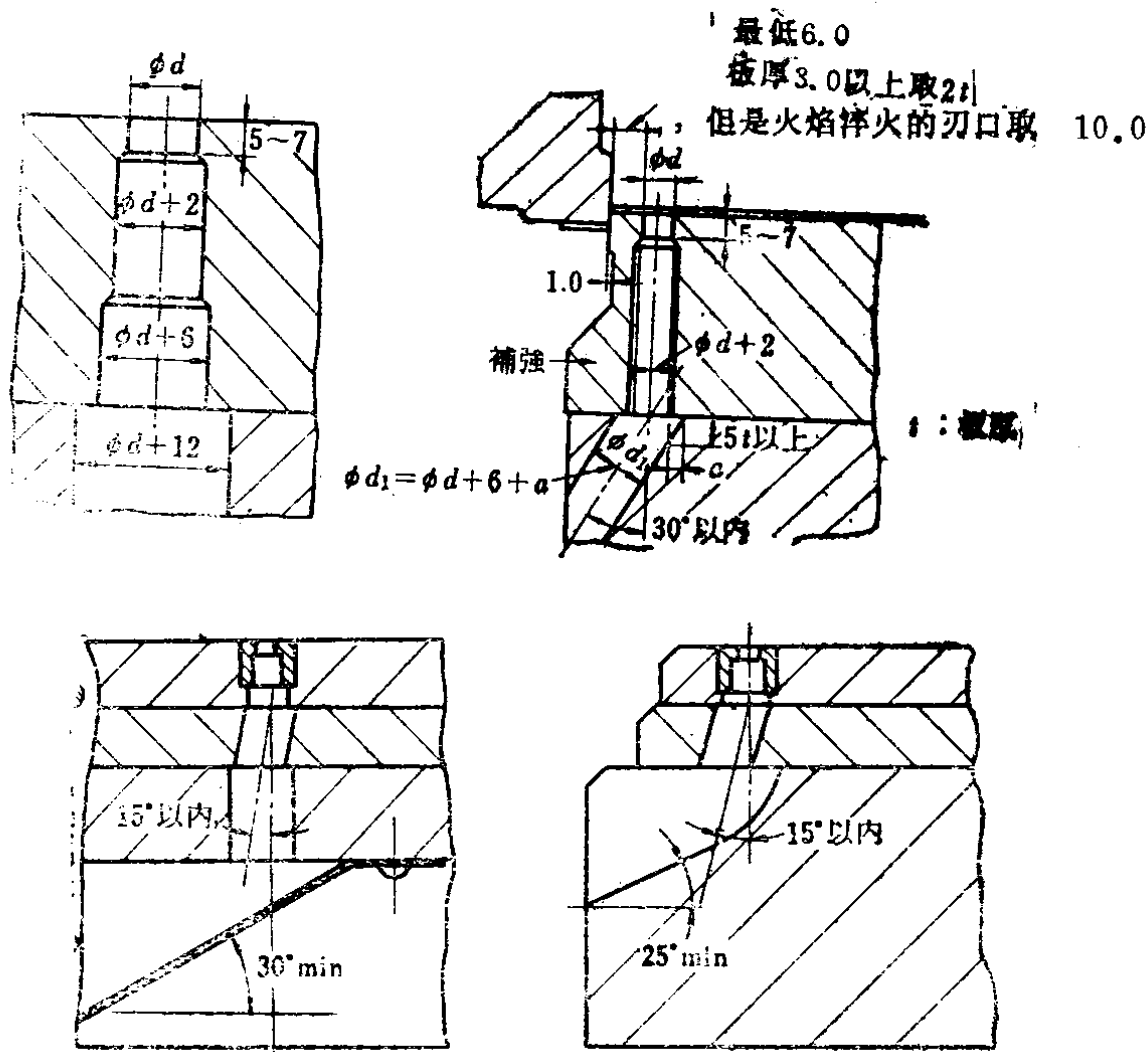


图 1.11 防止废料堵塞的方法

图1.11是垂直排料示例，图1.12是水平方向冲裁后排出废料的示例。