

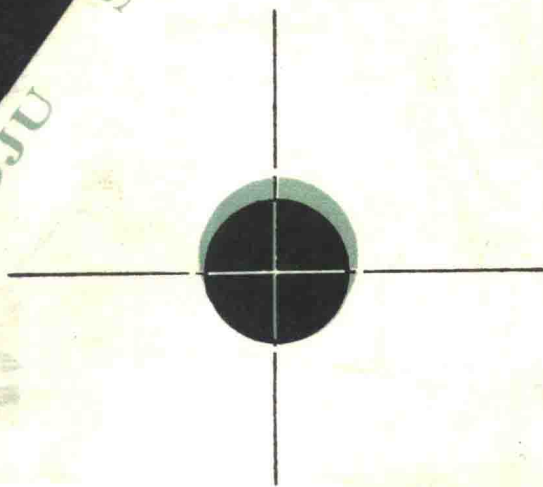
简便模具设计与制造

JIANBIAN MOJU

SHEJI

YU

ZHIZAO



北京出版社

简便模具设计与制造

《简便模具设计与制造》编写组

北京出版社

简便模具设计与制造

Jianbian Mojusheji Yu Zhizao

《简便模具设计与制造》编写组

*

北京出版社出版

(北京崇文门外东兴隆街51号)

新华书店北京发行所发行

北京第二新华印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 6印张 118,000字

1985年2月第1版 1985年2月第1次印刷

印数 1—34,000

书号: 15071·61 定价: 1.00元

前 言

简便模具是我国近几年发展起来的制模新技术，它具有结构简单、制模周期短、成本低、加工工艺方便以及不需要高、精、尖加工设备等特点。对轻工、电子、仪表、汽车、机械等行业产品的更新、新产品试制及中、小批量生产，有显著的经济效果。

这本书详细介绍了锌基合金模、聚氨酯橡胶模、薄板冲模、钢带冲模、通用及组合冲模等模具的冲裁机理、特点以及模具的设计方法和参数、典型模具的结构和制造工艺等。可供从事模具设计、制造的技术人员和工人阅读，也可作为大专院校有关专业的辅助读物。

本书是在北京市技术交流站刘慧来同志的组织下，由俞裕兴、杨冠豪同志统编和审定的。参加编写的人员有李止兰、华树桃、郑智授、李阿生、刘海潮等同志。

本书的编写工作，曾得到有关大专院校、科研单位、工厂及北京市技术交流站模具技术交流队的大力支持和协助，在此表示感谢！

由于编者水平有限，书中难免有欠妥之处，希望广大读者批评指正。

编者

一九八四年三月

目 录

第一章	锌基合金冲裁模具	(1)
1-1	锌基合金的成分和性能	(2)
1-2	锌基合金模具冲裁机理	(5)
1-3	锌基合金冲裁模的特点	(9)
1-4	锌基合金冲裁模具设计	(15)
1-5	锌基合金冲裁模的制造、使用与调整	(24)
第二章	聚氨酯橡胶模具	(34)
2-1	聚氨酯橡胶的性能	(34)
2-2	聚氨酯橡胶模具冲压机理	(36)
2-3	聚氨酯橡胶模的特点	(37)
2-4	聚氨酯橡胶模具设计	(41)
2-5	试模和生产中常见的故障及其排除方法	(60)
第三章	薄板冲模	(63)
3-1	薄板材料的性能	(63)
3-2	薄板冲模的冲压原理	(64)
3-3	薄板冲模的特点	(71)
3-4	薄板冲模设计	(73)
3-5	薄板冲模的制造工艺	(82)

第四章	钢带冲模	(87)
4-1	钢带冲模的特点	(87)
4-2	钢带冲模的设计	(91)
第五章	通用及组合冲模	(108)
5-1	通用冲模及组合冲模的特点	(108)
5-2	通用冲模的设计	(112)
5-3	组合冲模加工件的冲压工艺	(123)
第六章	成形模具	(136)
6-1	低熔点合金模具	(136)
6-2	锌基合金拉延—成形模	(156)
6-3	锌基合金注塑模	(163)
6-4	ZnAl22 (锌铝合金) 超塑成形	(170)

第一章 锌基合金冲裁模具

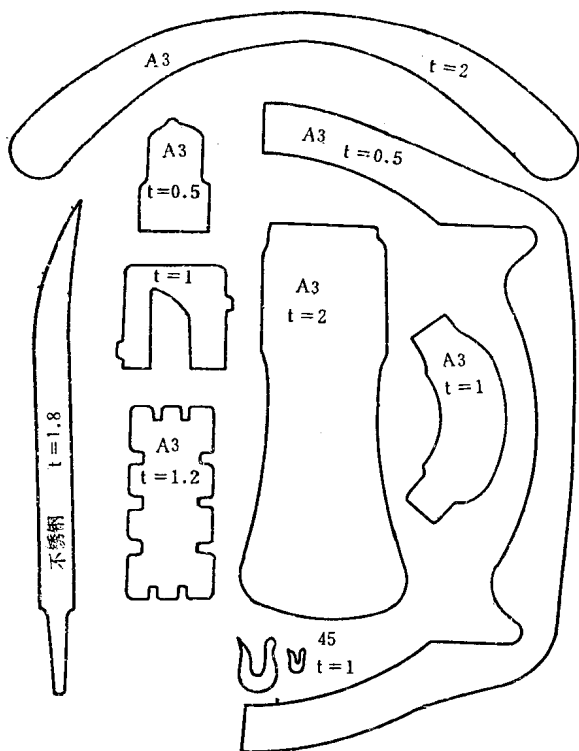


图1-1 锌基合金冲模冲件

锌基合金冲裁模具，一般是以锌基合金材料用铸造方法制成凸模（或凹模）的一种简易模具。这种模具的制造工艺简便，周期短，而且不需要使用高精度机加工设备和较高的钳工技术，适用于新产品试制、中小批量生产和老产品改型等。

锌基合金冲模的设计、制造工艺和使用等方面，都与普通钢冲模不同，它是根据一种新的冲裁理论进行设计和制造的。

锌基合金冲模，可冲制各种不同复杂程度外形的零件，其冲件厚度为0.5~4毫米，冲件材料可以是冷轧钢、铜、铝、不锈钢等金属材料，以及其它一些非金属材料。对于不同厚度、不同性质的材料，其模具间隙由锌基合金冲模在冲裁过程中，自动调整形成合理间隙。利用锌基合金冲模冲制的部分零件，如图1-1所示。

1-1 锌基合金的成分和性能

锌基合金是以锌为基体的锌、铝、铜三种元素的合金，并加入微量的镁所组成，其状态如图1-2所示。

图中 η 表示铝、铜熔入锌为基体的固熔体； β 表示铝熔入锌为基体的固熔体； ε 表示以铜、锌为基体的固熔体。根据状态图，可选用共晶点附近的合金成分，如表1-1所示。

纯锌是一种质软、呈脆性的金属，其熔点为419.5°C；纯铝的强度低，但塑性好，其熔点为660.2°C；纯铜延展性好，其强度和硬度均比锌和铝高，熔点为1083°C。由这三种金属

元素加微量的镁配成的合金，具有一定的强度、硬度、耐磨性和良好的流动性，因此可以用铸造的方法制造冲模。在合金成分中，铜的含量决定着合金的强度、硬度和耐磨性；铝和镁的含量直接影响合金的流动性能，而且还起到细化晶粒的作用。在合金熔炼过程中，需要控制合金的成分，并应避免铝、镁在熔炼过程中烧损。

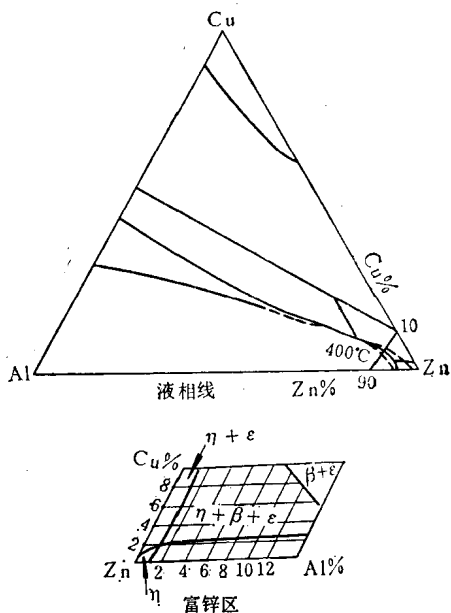
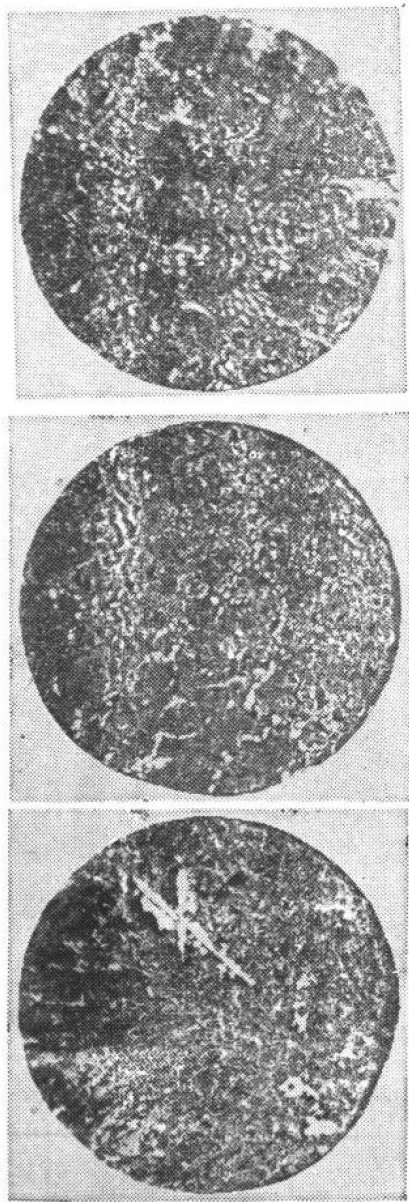


图1-2 锌—铝—铜合金状态图

锌基合金还具有明显的热塑性。它在常温下呈脆性，但随着温度的升高，塑性有明显的增加，硬度略有下降。因其重结晶温度低于常温，所以在冲裁或压延过程中，对合金都不会产生表面硬化现象。

表 1-1 锌基合金的成分 (%)

Zn	Cu	Al	Mg
92~93	3.0~3.5	4.0~4.2	0.03~0.05



(c)

(b)

(a)

图1-3 锌基合金的金相组织

合金的金相组织如图1-3所示。我国某厂熔炼的锌基合金金属型铸锭的性能与国外锌基合金砂型铸锭的性能对比，见表1-2。

表 1-2 锌基合金性能对比

类别 \ 性能	熔点 °C	比重 克/ 厘米 ³	布氏硬度 HB	抗拉强度 公斤/ 毫米 ²	抗压强度 公斤/ 毫米 ²	凝固 收缩率 %
我国某厂	380	6.7	120~130	22~26	50~55	1~1.2
日本 ZAS	380	6.7	100~115	24~29	55~60	1.1~1.2
美国 AISI	380	6.7	100	26	42~53	0.2~1.2
英国 Kayem	380	6.7	109	23.6	79.3	1.1

1-2 锌基合金模具冲裁机理

锌基合金冲裁模具，能用来冲裁比模具本身硬度大、强度高的钢板。这种以软冲硬的冲裁机理，目前仍在进行深入的研究和探讨。

一般钢模在冲裁时，是基于“双向裂纹扩展相迎分离”理论，在冲裁时必须做到：凸模和凹模的刃口要相当锋利，使所冲制材料在凸模和凹模刃口处同时产生裂纹；凸模和凹模之间应具有均匀的合理间隙，以保证双向裂纹能够相迎；刃口要经热处理，以达到一定的硬度，使模具有较长的使用寿命。因此，制造钢模的技术要求较高。

当前在学术界还提出一种“单向裂纹扩展分离”理论。

所谓“单向裂纹扩展分离”，是指被冲裁材料裂纹不是在凸模和凹模的刃口处同时产生，而是首先在钢凸模（或钢凹模）刃口处产生，通过塑性剪切过程，使裂纹单方向快速扩展到锌基合金凹模（或凸模）刃口侧壁，与刚由锌基合金凹模（或凸模）刃口处产生的裂纹相迎，使材料分离，完成冲裁。材料在刃口处产生裂纹的时间，同冲裁时刃口处的应力场有关。下面根据“单向裂纹扩展分离”的理论，以落料工序为例，叙述如图1-4所示的锌基合金模具冲裁对冲件分离的三个阶段。

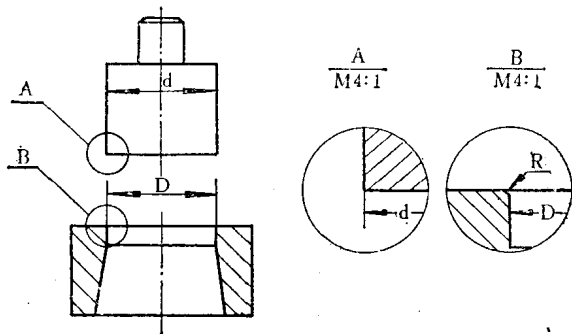


图1-4 凸凹模结构图

图中：凸模是碳素工具钢，刃口锋利；凹模为锌基合金，已形成小圆角。

如图1-5所示，冲裁过程的第一阶段为弹性变形阶段（见图(a)）。即凸模与板料接触，板料在凸模压力作用下发生弹性压缩和弯曲，其内应力未超过板料的屈服应力 σ_s ，当除去外力后，板料即恢复原状。由于凸模刃口锋利，凹模刃口已形成圆角，因此板料上表面凸模刃口处的剪应力和主应力

峰值，大于板料下表面凹模刃口处的应力。第二阶段为塑性挤切阶段（见图(b)）。随着凸模压力增大，板料发生弯曲、挤压和塑性剪切变形。由于应力集中，板料上表面处于剪应力峰值A、B点则首先达到材料的屈服极限和抗剪强度，板料局部出现细小裂纹，凸模随之挤入板料上表面。板料下表面的C、D点的内应力要比A、B点小，完全处于塑性变形状态；而沿凹模圆角则被挤压入凹模洞口，随着塑性挤切变形的发展，材料内应力继续增加，直到凸模刃口处细小裂纹开始扩展。冲裁的最后阶段为断裂分离阶段（见图(c)）。

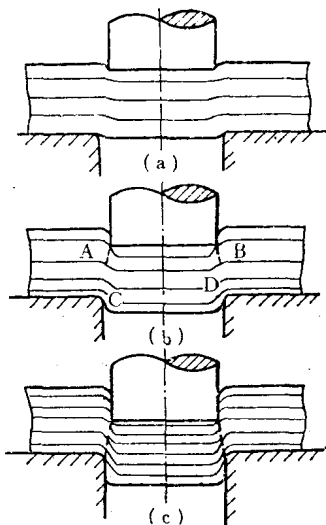


图1-5 板料分离过程

冲裁的最后阶段为断裂分离阶段（见图(c)）。即凸模继续下压，塑性挤切进行到一定深度，凸模刃口处的裂纹单向快速向凹模扩展。此时，板料下表面凹模洞口竖壁处也开始产生裂纹，其裂纹尚未扩展即与上表面扩展的裂纹相迎，导致板料分离。

由上述冲裁过程的三个阶段可以看出，利用板料产生单向裂纹扩展分离的冲裁机理，采用低硬度材料制做冲裁模具中的凹模(或凸模)是可行的。根据达维靖柯夫——弗里特曼联合强度理论，利用有限元法可计算出凸模、凹模刃口处的应力分布；不同刃口圆角半径的“软性系数”可由下式求得：

$$\alpha = \frac{0.5(\sigma_1 - \sigma_2)}{\sigma_1 - \mu(\sigma_2 + c_s)}$$

当 $\alpha > 0.5$ 时，其破坏方式为先屈服后剪切断裂。 α 值与刃口圆角 R 的关系，如图1-6所示。

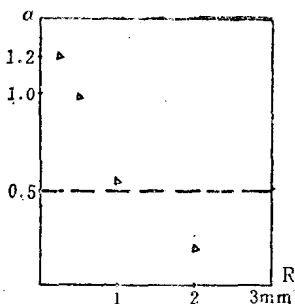


图1-6 软性系数 α 与刃口圆角的关系

这种冲裁件的断面，同样具有三个明显的区带，即圆角带、光亮带、断裂带，并在动态平衡间隙下形成锥角 β ，如图1-7所示。其中，光亮带和断裂带的宽窄与材料的机械性能、凹模刃口的圆角 R 有关，即材料软、 R 大，光亮带就宽；反之则光亮带窄。锌基合金冲模冲制件的光亮带要比钢模冲

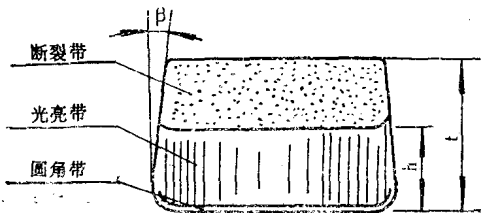


图1-7 冲裁件的断面

件大，如退火状态冷轧钢板的光亮带 $h = (0.5 \sim 0.6)t$ ；冲裁制件的锥角 β 也比钢模冲件小 $\Delta\beta$ ，如图1-8所示，其 $\Delta\beta$ 计算公式如下：

$$\Delta\beta = \arctg \frac{2(t-h+R)}{Z} - \arctg \frac{2(t-h)}{Z}$$

式中， t 为板料厚度（毫米）； h 为塑性挤压深度（毫米）； Z 为冲裁间隙（毫米）； R 为凹模圆角半径（毫米）。

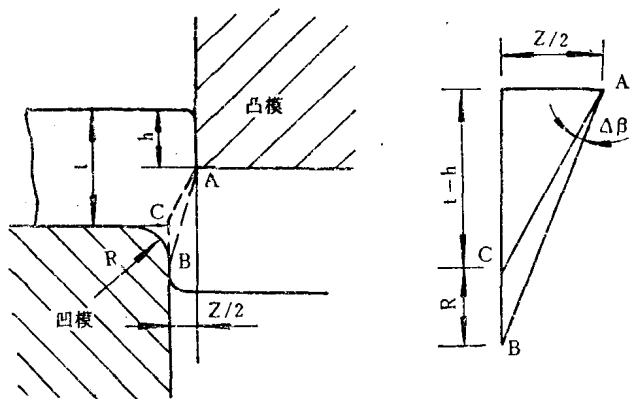


图1-8 冲裁件锥角差

实践证明，采用锌基合金冲裁模具，不仅提高了冲裁件的断面质量，而且对退火冷轧钢板冲裁制件的锥角差，比钢模可减小 $2^\circ \sim 3^\circ$ 。

1-3 锌基合金冲裁模的特点

一、锌基合金冲模的特点

1. 自动调整间隙 锌基合金冲模是根据“单向裂纹扩

展分离”的冲裁机理进行设计和制造的，冲裁时需要有冲裁间隙。该间隙不是由模具加工时得到的，而是依靠锌基合金冲模在冲裁过程中，自动调整形成的合理间隙。

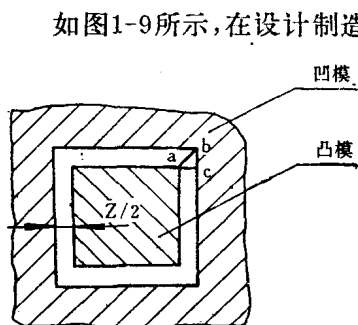


图1-9 凸、凹模间隙示意

时，尖角处的间隙 ab 很难保证，其尖角处的起始间隙 (ab) 总大于最小合理间隙 (bc)。同时，由于尖角处极易磨损，所以冲裁时很容易在该处出现毛刺。然而这种缺陷在锌基合金冲模中则能得到较理想的解决。

锌基合金冲模能自动调整间隙，其主要原因是这种冲模的凸模和凹模之间具有比较大的硬度差，其差值为 $HRC > 30$ 。在冲裁力作用下，软质材料产生较大的塑性变形。对落料工序，软材料的凹模因受挤压而产生的径向变形，使凸、凹模间的冲裁间隙得到调整；对冲孔工序，则因软材料的凸模受挤压而产生的变形，使凸、凹模之间的间隙得到调整。下面以落料工序冲裁为例，说明自动调整间隙的过程。

落料模中的锌基合金凹模，是利用钢质凸模浇铸而成，起模后开始冲裁时，凸、凹模之间的间隙近似为零，这是锌基合金冲模所必须的起始间隙。如果制件形状特殊，合金浇铸后收缩不均，不能达到这一要求时，需采用人工修整（常用挤捻的方法），使凸、凹模之间的起始间隙趋于零。由于起始间隙很小，所以在冲裁时凹模刃口侧壁所受的挤压力 Q

值很大,导致凹模侧壁急剧磨损,使间隙扩大。随着间隙的扩大,使凹模刃口侧壁所受挤压力 Q 减小,凹模的磨损也相应减小。经几次反复冲裁,使模具间隙相对平衡在最小挤压力和最小磨损的合理状态下进行冲裁,如图1-10。自动调整间隙的过程是短暂的。对于1毫米厚度的制件,在冲制40~50件后,凸、凹模间的冲裁间隙可由零调整到0.10毫米(双边间隙),并始终相对平衡在此间隙下冲裁,如图1-11。

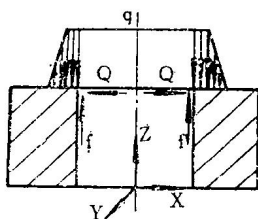


图1-10 凹模在冲裁时的受力分析

2. 自动补偿磨损 在正常情况下,即使模具间隙合理,凹模刃口侧壁仍要承受一定的挤压力作用,使模具磨损。由于锌基合金冲裁模具有能自动补偿磨损的特点,从而使软质材料模具具有较高的寿命。下面仍以落料工序冲裁模为例,说明自动补偿磨损的过程。

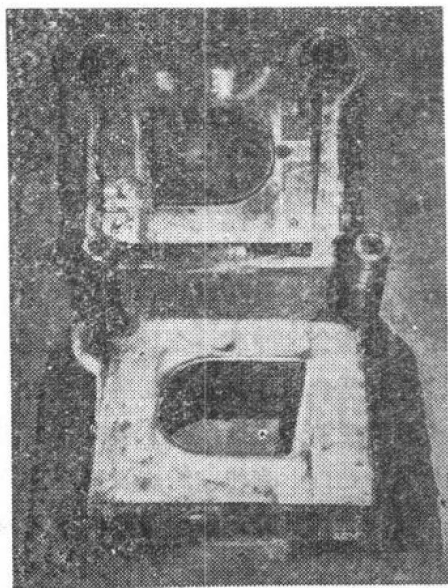


图1-11 冲裁万次后的锌基合金凹模

凹模在冲裁时的