

锌基合金冲压模具

郑智受



35.2

中国农业机械出版社

锌基合金模具是一种简易、快速、经济模具。本书以生产应用为基础综合介绍了锌基合金模具的设计和制造工艺，对软材料制造模具的冲压机理也作了适当叙述。还介绍了锌基合金材料的性能、熔炼过程和一些生产中的实例。

本书可供从事冷冲压工艺、模具设计的工程技术人员和工人参考应用，也可以作为锌基合金模具设计与制造的教材。

锌基合金冲压模具

郑 智 受

*

中国农业机械出版社出版

北京市海淀区阜成路东钓鱼台乙七号

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

新华书店经售

*

787×1092¹/₃₂ 开 5¹/₈ 印张 110 千字

1985 年 3 月北京第一版·1985 年 3 月北京第一次印刷

印数：00,001—12,100 定价：0.87 元

统一书号：15216·198

序

锌基合金模具是一种简易、快速、经济的模具，它用铸造的方法制造模具零件。近几年来各行各业越来越广泛地应用这种新型模具。大量生产实践证明冷冲压工艺使用这种模具可以缩短模具制造周期，简化模具结构，降低模具成本。这种制模新工艺、新技术对新产品试制、老产品改型、中小批量多品种的冲压生产都具有显著的经济效果。

本书以生产实践为基础介绍锌基合金冲压模具，其中包括材料性能；熔炼过程；模具设计；制模工艺和生产应用实例。向从事冷冲压工艺和模具设计的工程技术人员、工人提供有关工艺参数，以供参考选用。

本书在编著过程中，曾得到北京农机学院、北京市技术交流站、北京联合收割机厂、北京第二汽车制造厂、北京汽车制造厂及一些有关单位的支持和帮助，在此表示诚挚的感谢！

本书由北京农机学院农绍华副教授、清华大学郑可煌副教授以及北京客车装配公司四厂张宏工程师、北京联合收割机厂郭江技师审阅。全书插图由张宏协助绘制。由于编著者水平有限，难免有不妥与错误之处，恳切希望读者提出批评指正。

编著者

1982年6月于北京农机学院

目 录

序

第一章 锌基合金在冷冲压工艺中的应用	1
一、国内外应用锌基合金模具概况.....	1
二、冲压模具制模方法.....	6
三、快速、经济、简易模具.....	11
四、锌基合金模具的特点.....	16
第二章 锌基合金材料成分和性能	18
一、锌、铜、铝、镁金属元素的性能.....	18
二、锌基合金成分的确定.....	19
三、锌基合金材料的金相组织.....	21
四、晶间腐蚀、镁的影响和杂质.....	23
五、锌基合金的物理机械性能.....	24
六、影响合金性能的各种因素.....	26
七、锌基合金材料性能特点.....	30
第三章 锌基合金熔炼工艺	33
一、直接熔炼法.....	33
二、中间合金熔炼法.....	34
第四章 锌基合金冲裁模具	43
一、钢冲模的冲裁机理、模具设计和存在问题.....	44
二、锌基合金冲裁模具的冲裁机理.....	55
三、锌基合金冲裁模具的设计.....	70
四、锌基合金冲裁模具制模工艺.....	79
五、冲裁件质量和模具寿命.....	100
六、锌基合金制作其它模具零件.....	105

七、使用中应注意的问题	107
第五章 锌基合金拉延成形模具	110
一、拉延工艺塑性变形	111
二、锌基合金拉延模制模工艺	118
三、锌基合金模具的修整和补焊	138
第六章 锌基合金模具应用实例	142
一、冲压件形状和冲裁模具	142
二、拉延成形模具	154
参考文献与参考书	156

第一章 锌基合金在冷冲压 工艺中的应用

以锌为基体的锌、铜、铝三元合金，加微量镁称锌基合金，用这种合金材料制造的模具称锌基合金模具。这种制模方法是一项新工艺、新技术，用中温铸造方法制造模具。具有大大减少机械加工工作量、缩短模具制造周期、节约优质钢材、降低模具成本等优点。近几年来这项制模技术在我国发展比较快，尤其在电子、仪表、航空、汽车、轻工、机械、农机、家用电器等行业，越来越广泛地采用这项制模工艺。为了全面了解这类模具，本章将对国内外锌基合金模具的发展过程，各种冷冲压模具的制模方法，各种快速、简易、经济模具和锌基合金模具的特点做概略介绍。

一、国内外应用锌基合金模具概况

在国外应用锌基合金模具已有四十年历史。早在第二次世界大战初期，美国飞机制造业首先采用锌基合金材料制造拉延成形模具，当时称简易模具 (Simplified Trial Tool)。采用这种模具，主要是利用中熔点浇注和制模周期短的特点，利用锌合金材料的自润性、耐烧结性特点，部分解决飞机制造中高强度铝合金拉延制件的质量问题，从而适应当时战争形势的需要。战后这项新技术很快地被汽车制造业采用，主要用于制造汽车覆盖件拉延试制模具。汽车外型改造，主要工艺装备就是模具，这些模具又都是大而复杂，因此模具制

造周期长短，直接影响汽车外观改型，和能否不断更新，以适应市场竞争的需要，所以这种模具对汽车外观改型起了一定推动作用。当时把这类模具又称为经济模具 (Economic Die) 或暂时模具 (Temporary Die)。在这个时期，使用并不广泛，制模工艺方法也比较简单，模具结构比较单一，仅仅用于新产品试制，主要侧重于拉延模具。

这项新技术、新工艺在美国汽车制造业应用不久，开始传入西欧、日本。日本从 1951 年开始引进这项技术，由于当时战后恢复经济的需要，对这种简易的制模方法很重视。为了适应日本的生产条件，日本人对这类模具的结构、制模工艺都进行了相应的改进，扩大其应用范围，并且不断地利用讲习会交流、总结使用这种模具的经验，所以这种模具的研究应用工作进展很快，没有多长时间便确立了这种合金的标准成分，正式定名为“冲压用锌合金”(Zinc Alloy For Stamping)，完全同产品零件用的锌合金材料区分开。这时开始在汽车、日用五金、家用电器、仪表等行业广泛应用，并将这种材料做为冶金产品，确立牌号为 ZAS 和 MSC-D3 等，公开在市场上出售。据 1965 年日本统计，当时锌合金材料在日本的销售量已达 60 吨/月。由此可见，近十五年中，日本的锌合金模具发展速度是相当快的。与此同时英国、德国、美国也都各自确立了这类合金材料的牌号，例如英国 Kayem 和 Kayem-2 合金；德国 Z-430 合金；美国 Zn 和 Kirksite 合金等等。在这个时期，各国都确认了这种制模方法。

随着对锌合金材料需求量增多，相应的制模技术也有很大发展，并日趋完善。早先只是应用于飞机制造中个别拉延模具，不久就扩大到汽车制造中覆盖件拉延-成形模具，应用到轻工、电子、机械、日用五金等行业中，制造拉延模、

成形模、弯曲模、冲裁模。模具从小到大，种类越来越多，结构越来越完善，但是应用的重点，依然是拉延-成形模。例如美国福特汽车公司，日本丰田、三菱汽车公司，德国奔驰汽车公司都采用过锌合金模具，试制新车型，加速产品更新换代，适应市场剧烈竞争的需要，有些公司还建立了专门车间或工段。用这种制模方法，用一个月左右，就可以制成四套各种不同形状的拉延模具，如汽车座椅、前脸、挡泥板、排气管等拉延成形模。日本某汽车厂用 17 天时间制造一套 1.5 吨重的成型凸模和凹模，另一家工厂用 8 天时间，制造一套 2.5 吨重拉延模。美国一家专门制造锌基合金模具工厂，使用特殊增涨剂制作模型铸模，只用 2 天时间，完成制造一套 8 吨重的拉延模（包括凸模和凹模）。日本专门承包各种锌合金模具制造的鸟羽工研，全部职工只有 60 人，具有代表性的模具加工设备只有大型钻床，大型锌合金熔化设备，然而承包各种锌合金简易模具的制造周期，只需要 25~50 天。制模的周期缩短，充分地说明制模技术的发展。

模具的种类相应地增加，锌合金不仅被用于制造冷冲压模具，也开始用于注塑、橡胶等其它模具，并且结合其它简易模具的特点，制造了锌合金与其它材料复合的模具，例如锌合金与锡铋低熔点合金复合，与环氧树脂复合，与铸铁模复合，与贝氏体钢板复合等等，模具型式越来越多，最大的锌合金模具已达 40 吨，采用了复合模具后，又进一步扩大其应用范围，提高了模具使用寿命。例如采用钢模口与锌合金复合制模，可以拉延 4 毫米厚钢板，当然这时锌合金材料只制作部分型面和起填充物作用，主要受力模口仍然用钢材料，例如用锌基合金覆盖弹簧钢板的冲裁模，冲裁 2.5 毫米钢板，模具寿命可达 5000 多件，提高了模具使用寿命。

铸造模具的精度也随制模技术的发展而逐步提高，不仅是尺寸精度提高，模具型面光洁度也提高。目前美国采用特殊的膨胀石膏和用定公差模型法铸造锌合金模具，其尺寸精度达0.15/100。日本采用高目数的专用石膏，可以铸造获得异常光洁的型面，略加抛光，具有漂亮的光泽。

模具寿命是软材料制模的关键问题之一，能否使这种模具得到广泛地应用，完全取决于锌合金模具寿命高低，锌基合金模具已有四十年历史，从开始应用至今，世界各国都对模具寿命予以高度重视，当前集中解决的问题不是锌合金模具能不能拉延、冲裁的问题，而是解决如何提高模具寿命，满足生产需要的问题。模具精度和模具寿命是这种模具集中研究的问题，对这两个问题解决的程度，将直接反映在合金模具的应用范围。根据1976年资料，国外锌合金模具生产应用模具寿命，日本拉延1~1.5毫米钢板，模具寿命是600~12000次；冲裁1毫米厚冷轧钢板，模具寿命1500次，最大冲裁厚度3.2毫米，美国冲裁2.5毫米厚钢板，采用弹簧钢板覆盖锌合金的冲模，其寿命也就是5000次，当然这些都是实际生产中统计的数字，很可能受生产批量的影响，实验室内试验的模具寿命要高一些，但是不论如何对冲压工艺来说，这样的模具寿命是低的，显然不能完全满足生产批量的需要，所以长期以来，国外都认为这种模具只能应用于小批量试制生产，应用中心是拉延模，对冲裁模、注塑模、橡胶模的应用则相对要少一些，但是都公认为一种简易的制模方法。1974年国外对几种简易模具统计四项指标如表1-1所示。

锌基合金模具虽然有较长的应用历史，但是对这类模具的研究并没有完结，世界各国都在对锌合金材料和制模工艺做进一步研究，有的国家还有专门研究简易模具的机构，探

表1-1 简易模具四项指标

技术指标 模具类型		制件精度 (毫米)	加工能力 (毫米)	模具寿命 (件)	模具成本 钢模 100%
锌合金	冲裁模	$> \pm 0.15$	3.2	100~1000	20~30%
	拉延模	取 决 模 型 精 度	< 2	500~12000	—
MVC型	钢皮模 薄板冲模	$> \pm 0.13$	3.2	3000~10000	30~50%
超塑性冲模		± 0.03	3.2	5000~20000	20~30%

索与研究各种不同性能的同类合金材料，提高锌合金材料的性能，例如美国研究微收缩性能锌合金，德国研究高强度锌合金，日本研究高耐热性能锌合金等等。总之锌合金模具是随简易模具的发展而逐步发展提高的。

我国应用锌合金模具还是最近十年的事情，但是我国对这种合金材料并不陌生，在冶标中就有 ZnAl-4, ZnAlCu 合金与目前制模锌合金材料的性能极为相似，这种锌合金均被用于制作轴承、轴套等机械零件，而没有用于制造模具。虽然在 1958 年前后，国内有个别工厂采用了锌合金材料制模，但是均属试验性质，没有广泛地应用，因此也就没有进一步研究。到 70 年代初，个别汽车修理厂接受国外汽车制造业的启示，采用锌-铝合金制模，当时主要是成形模具，生产一些汽车冲压件，用于修配汽车零件。直到 1977 年，随着英国纠缠特 (Jewelite) 锡-铋低熔点合金的引进，在寻找少铋、无铋合金过程中，有些单位开始着手研究中熔点合金——锌基合金的应用，付之实践，取得良好效果。

在这个时期，国内较多地应用了这项制模技术，其中是

以冲裁模为主，数量也较多，在制模技术方面也有很大发展。不仅吸取了国外一些先进的制模方法，例如砂型、石膏型、定公差模型法等，同时也发展了具有我国冲压生产特点的新型制模工艺，例如挤切法、镶拼法制模等。在应用范围方面，不仅限于拉伸模具也应用于冲裁、弯曲、成形模具，并发展应用于注塑、吹塑、陶瓷等模具，而且各自具有我国模具生产的特点。制模技术完善与发展，大大缩短了制模周期，促进了这项新技术的应用。据不完全统计，目前全国至少有上千套锌合金冲裁模具用于生产，冲裁材质有金属和非金属等几十种，冲裁最大轮廓周长达6米多，冲裁厚度达4毫米，一次修模寿命最高达26000次；对1毫米厚拉伸件，模具寿命可达2000~10000次；对简单形状注塑模寿命可达10000次。

我国广泛使用锌合金模具的时间不长，但是发展的速度相当快。近些年来，随着锌合金模具越来越广泛地应用，模具的结构型式越来越多。对这项新技术、新工艺的研究——在不断地发展提高，对锌合金材料性能的研究也不断地取得进展，对这种模具的失效机理做了些理论探讨。研究和应用的单位越来越多，可以断言，今后锌合金模具在我国将会有更大的发展，将在四化建设中发挥更大作用。

二、冲压模具制模方法

了解锌基合金模具之前，需要简要地介绍模具的种类、各种制模工艺方法、评定模具技术指标和模具发展方向，从而对合金模具的特点、用途有个全面、完整地了解 and 正确选用。模具作为机械工业生产的基础工艺装备，其技术发展状况和制模工艺水平高低是衡量一个国家工艺水平的重要标志

之一，这里所指的模具是指广义的，其中包括：冷冲压模、热锻模、冷挤压模、压铸模、注塑模、橡胶模、粉末冶金模、玻璃模等等。锌基合金模具仅仅是冷冲压模具中的一种，况且随着科学技术和生产发展的需要，模具也在不断地发展完善，不断地研制出新结构、新工艺、新材料的模具，不断地研制新型模具加工机床和加工方法，所以只能将制模方法做概要地介绍。

1. 各种制模方法

模具的制模工艺方法，目前可分为三大类型，即铸造法、常规机加工方法和特殊加工方法。

(1) 铸造方法制模

低熔点合金制模。这类合金熔点 138°C ，硬度 $\text{HB} = 20$ 左右。利用铸模后无膨胀和收缩的特点，通过样件铸造凸模与凹模。工艺简单，但制模材料太软，如58-42锡-铋合金，锡-铋-铅-镉合金，锡-铋-锑合金等。

中熔点合金制模。这类合金熔点 380°C ，硬度 $\text{HB} = 120 \sim 130$ 左右，材料流动性好，便于铸造凸模和凹模，合金冷却凝固收缩率约1%，强度较低，如锌-铜-铝-镁合金。

高熔点合金制模。这类合金熔点均在 1000°C 以上，如合金铸铁、球墨铸铁等同样存在有收缩和铸造质量的问题，实质上模具制造中需要解决铸工工艺问题。

陶瓷型精密铸造工艺法制模（又称肖氏工艺法）。这种方法主要从铸造工艺方面解决模具精度，提高模具铸造质量和模具型面精度。

环氧树脂制模和塑料制模。这类材料均在常温下铸造，大部分用于覆盖件拉延模具。

以上这些铸模方法均具有铸造特点。铸造型面的精度、

光洁度、尺寸精度取决于造型和浇注方式。这类模具除解决压力加工问题外，还要解决铸工和铸造质量的问题。

（2）机械加工方法制模

这是一种常规的制模方法，使用最普遍、最广泛。按其使用的机加工设备分类，可以分成下列几种：

一般通用机床。使用车、铣、刨、钻、磨等机床加工模具的工作零件、卸料零件、定位零件和导向零件，然后采用必要的钳工修配方法组装成各种模具。目前这种方法使用的非常广泛，不论大厂、小厂都广泛地采用，是制造模具的基本手段。

精密加工机床。为了提高模具的制造精度，必须相应采用精度高的机床，例如坐标镗床、仿形铣床等，用于加工制造模具工作零件的孔型、固定板、导套孔、刃口轮廓形状和空间立体曲面等，从而保证成形表面与刃口轮廓形状之间相互位置精度，保证模具在使用中具有均匀的间隙以及立体曲面凸模和凹模的相对位置，这是提高模具精度不可缺少的加工手段。

数控仿形机床。为使孔形和空间立体曲面的加工更加趋于自动化，提高型面加工的尺寸精度，减少钳工修配工作量，这类型的机床有三向坐标数控仿形铣床，主要用于汽车制造业加工覆盖件模具，通常配置在冲压中心。

（3）特殊加工方法制模

随着工业生产的发展，对模具制造精度要求越来越高，上述的加工手段难于达到要求，出现了专用的特殊加工方法。它的应用范围有一定局限性，目前采用的有下列几种类型：

数控线切割机床。这种机床使用钼丝或铜丝切割已淬火的模具工作零件，主要用于加工复杂形状冲裁模的凸模和凹

模，而且已经有了专门的数控语言和程序。

电火花加工机床。它主要用于加工成形模腔，功率大小不一。

其它还有超塑性冷挤制模法，利用金属超塑性的特点制造冲裁模具和注塑模具以及激光切割法等等。

2. 衡量模具技术水平的四项指标

模具是用于进行大量生产的。不论采用上述哪一种制造模具的方法，制造模具后最终需要回答两个问题：一是所制造的模具能不能生产出合格的产品零件，也就是制件的尺寸精度和轮廓形状能否达到产品制件的技术要求；二是所制造的模具能维持多长寿命，即从经济效果衡量模具的制造成本、制造周期与生产批量是否相适应，模具的刃磨寿命、总寿命与生产批量是否相适应。归纳起来，表现于四项指标——制模周期、模具寿命、模具精度和制造成本。因此根据生产需要，在设计、制造、使用模具时，都必须综合考虑兼顾这四项指标，一般也用这四项指标衡量模具技术水平高低。

（1）制造周期

模具的制造周期同模具的生产技术水平和生产组织管理水平有密切关系，对相应采用哪一种制模方法有直接地影响。单纯从制模周期看，显然铸造法要比其它制模方法的制造周期短，但是不能孤立地看这个指标，必须综合平衡。一般说来，冲裁模具多为平面坐标加工，周期比较短，一般是1～3个月；拉延成形模具多为三向坐标空间立体曲面加工，周期较长，难度较大，例如汽车覆盖件冲压模具，结构尺寸大，轮廓形状复杂，空间立体曲面，重达几吨到几十吨，通常制模周期需要半年到一年。

（2）模具寿命

模具自开始使用至磨损到不能再修复，所冲压零件的总数量称为模具的总寿命。这是一个综合性的指标，包括损坏寿命、刃磨寿命。影响模具寿命的因素很多，其中有模具材料、制模方法、热处理工艺、模具结构、工艺参数选择、使用条件、压床精度、坯料的状况等等。据目前资料看，国内外模具总寿命的差别比较大，国外钢冲模总寿命高达800~1000万次，硬质合金模具可达一亿次；国内钢冲模通常在几十万次，高达100万次。总的来说，目前国内模具的总寿命不是很高的。

(3) 模具精度

模具精度可视为：工作零件所需要的精度及发挥模具效能所需精度。这个精度指标与所采用的模具制造方法有密切地关系，一般说来，铸造方法制模的精度较低，机加工方法制模的精度略高，特殊方法制造模具的精度最高。例如高级坐标镗床加工，尺寸精度可达0.005~0.01毫米，国外可达0.002毫米；线切割机床尺寸精度可达0.01~0.02毫米，国外可达0.005毫米。同时各个国家制造工艺水平不同也影响到加工精度不同，例如日本的大型冲裁模具，其精度控制在0.01毫米；小型的级进模具其精度控制在0.005毫米；甚至有些电机的定子片、转子片级进模具，其精度更高，如旋转凹模叠冲电机转子片的模具，其尺寸精度、相互位置精度都要求很高，一般都不大于0.005毫米。英国精冲级进模最高尺寸精度可达0.25微米。

从互换性角度看，也要求模具精度越来越高。当今模具发展不只是要求互换凸模和凹模，而是要求更换整套模具，即目前所谓“快换模架模具”。

锌基合金模具是用铸造方法制模，其精度比较低，一般

只能控制在 $\pm 0.06 \sim 0.2$ 毫米。

(4) 模具成本

这个指标计算比较复杂,各个工厂计算工时成本的方法各不相同,归根结底还是取决于模具材料和模具加工方法的选择。根据不同的生产条件,正确地选用相应的方法和材料,诚然不能不顾经济效果,不考虑生产纲领及具体加工制造能力,盲目地采用制模技术,片面地追求高、精、尖制模方法,片面地追求机械化、自动化,这样将必然造成高昂的模具成本。

3. 模具制造发展方向

从国内外资料表明,今后模具发展的主要方向,还是朝着高耐磨硬材料的方向发展,其主要动向表现在以下几个方面。

(1) 发展高效率、高寿命、高精度模具,例如高速冲床采用的模具,多工位级进模具,少无废料级进模具等等。

(2) 开展模具标准化工作,简化设计,缩短制模周期。

(3) 开展计算机辅助设计模具(CAD),提高模具设计质量和效率。

(4) 研究模具材料,一方面研究高强度、高耐磨性、特殊性能的合金模具钢,另一方面研究简易模具材料。

(5) 研究模具破损失效机理,提出提高模具寿命的进一步措施。

(6) 大力发展快速、经济、简易模具,这类模具根据其各自特点,都有一定的适用范围,决不能盲目的选用。

三、快速、经济、简易模具

锌基合金模具属于这种类型模具,为了便于分析比较其

优缺点，以便正确地选择制模工艺，确立其应用范围。

1. 钢皮冲模

利用淬硬的钢皮做刃口制造冲模，通常模体用桦木或树脂制做（图 1-1）。

2. 薄板冲模

凸模为碳素工具钢，凹模用薄的弹簧钢板制作，凹模孔型是由凸模直接冲制而成（图 1-2）。

3. 组合冲模

将模具零件做成几个基础件，根据不同的生产需要，将凹模、凸模、卸料板安装在“U”形或“L”形模架上，使用时以样板定位，用螺钉将其安装在带有“T”形槽的上下模座上，一次冲出工件上许多孔。这种冲模适用于切边、冲孔等工序（图 1-3），其结构型式分为分解式和积木式两种。

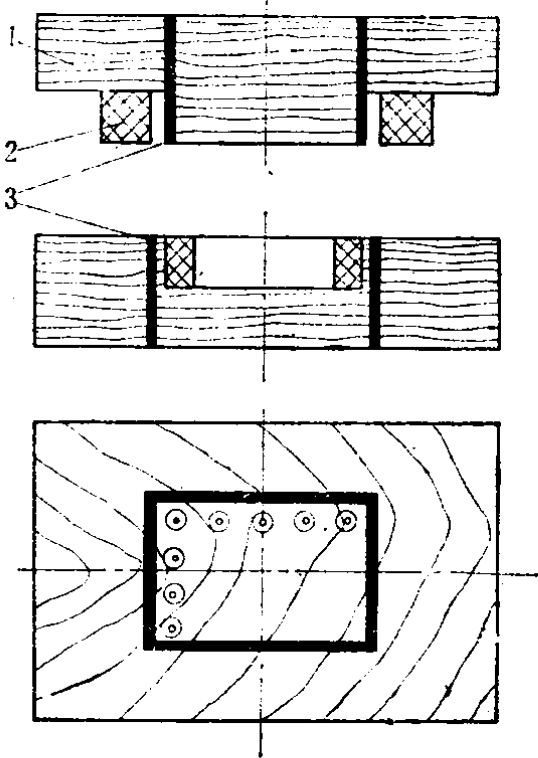


图1-1 钢皮冲模

1—桦木 2—橡皮卸料 3—钢皮凸模、凹模

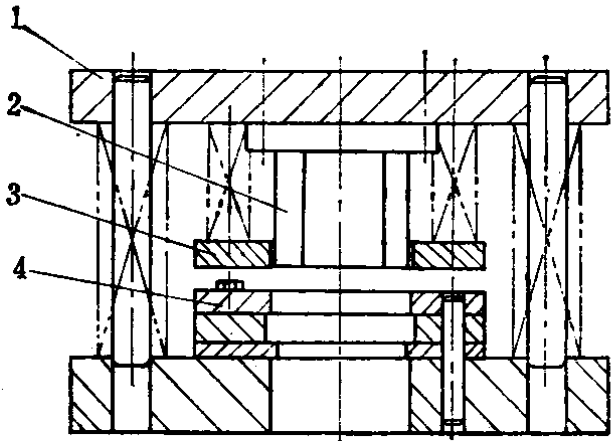


图1-2 薄板冲模

1—弹性模架 2—工具钢凸模 3—弹性卸料板 4—弹簧钢板凹模