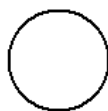


第 5 篇

模 具



主编单位 机械工业部桂林电器科学研究所

编写单位 机械工业部桂林电器科学研究所

上海星火模具总厂

深圳先科机械电子有限公司

广州型腔模具厂

机械工业部北京机电研究所

北京粉末冶金研究所

主 编 王家庆

副主编 武兵书

编写人 王家庆 邓石城 沈珺琴 蔡紫金

武榕 倪明一 武兵书

主 审 张鼎承



第 1 章 概 论^{[1][2]}

1 模具在工业生产中的作用

模具是成型金属、塑料、橡胶、玻璃、陶瓷等制件的基础工艺装备。许多制件必需用模具才能成型。由于模具常利用材料的流动获得所需形状和尺寸的制件，因此可实现少切屑、无切屑加工，节约了原材料。模具是一种高效率的工艺装备，用模具进行各种材料的成型，可实现高速度的大量生产，并能在大量生产条件下稳定地保证制件的质量。因此模具的应用日益广泛，模具工业的水平和发展状况已被认为是衡量一个国家工业水平的重要标志之一。

2 模具的种类、用途与工作条件

根据成型材料、成型工艺和成型设备的不同，模具可分为：(1) 冲模；(2) 塑料模；(3) 压铸模；(4) 锻模；(5) 粉末冶金模；(6) 橡胶模；(7) 玻璃模；(8) 陶瓷模等等。

2.1 冲模

冲模是将金属板料或型材作冲压加工的模具。也可用来冲压一些非金属材料。冲压一般是在常温下进行，也有将材料加热后进行的。冲压成形的工序概括起来可分为分离工序与成形工序两大类。

在分离工序的工作过程中，模具除承受使材料分离所需的冲压力外，还承受与材料断面间的强烈摩擦。在成形工序的工作过程中，模具除承受材料塑性变形

所需的冲压力外，其表面也受到材料的塑性流动而产生的强烈摩擦。

因此，模具的工作部分零件都必须具备耐冲击、耐磨损的高强度、高硬度性能。在材料加热状态下使用的冲模，工作零件还要求具有耐热性能。这样才能保证其使用寿命。

冲模工作部分零件按使用寿命要求及工作条件，采用碳素工具钢或合金工具钢。用于高速冲压（一般在每分钟 250 次以上）或要求高寿命的模具，工作部分零件采用硬质合金。

冲压工序和模具结构的确定，应根据冲件生产批量的大小考虑。

冲压所使用的设备有：开式压力机、闭式压力机、双动或三动拉深压力机、多工位压力机、万能弯曲机、数控回转压力机、精冲压力机等等。

2.2 塑料模

塑料模是将塑料制成塑件用的模具。

塑料大致可分为热固性和热塑性塑料两大类，热固性塑料加热即固化，但一旦固化即使加热也不再软化。热塑性塑料则加热即软化、冷却即固化，这两个过程可反复进行。

塑料的成型方法是多种多样的。但各种不同的成型方法从原理上看都要经过熔化、流动、固化三个阶段。

不同的成型方法需要使用不同的模具，见表 5-1-1。

表 5-1-1 塑料成型用模具的分类

	适用塑料	塑件成型简要过程	特 点	使用设备	对模具要求
压缩模	热固性塑料为主	将定量的塑料置于加热的模具型腔内，在合模过程中对塑料加热、加压，使塑料流动并充满型腔。合模后保持适当时间使之固化成型	可制作各种用途的塑件。适合制作有嵌件的塑件。塑件取向现象少，几乎没有材料损耗。操作简单，但成型周期较长	压缩成型机	型芯、型腔需耐压、耐磨、耐腐蚀；需淬硬、表面需抛光并按需镀硬铬
压注模、传进模（又称挤胶模）	热固性塑料	模具先闭合，将已预热的塑料放入模具上部的加料腔内，使之加热软化，再柱塞加压。塑料经浇注系统进入模具型腔，在一定时间内保持压力和加热使固化成型	适用于匀质、厚壁、精度高、有细小嵌件等用压缩模难以成型的塑件成型。成型周期短，塑件几乎无飞边	压缩成型机或传进成型机	加料腔、浇注系统部分、型芯、型腔需耐压、耐磨、耐腐蚀；需淬硬、表面抛光并按需镀硬铬



(续)

	适用塑料	塑件成型简要过程	特 点	使用设备	对模具要求
注射模	热塑性塑料 热固性塑料	塑料在注射机料筒中加热到流动(可塑化)状态。闭合模具,以高压将料筒内的塑料通过机床喷嘴、注射入模具,并经浇注系统进入型腔、充满,然后保压、冷却(热固性塑料为加热)固化成型	可成型复杂形状的塑件 成型周期短、效率极高,易于进行自动控制 除无流道注射模外,一般用注射模成型都有浇注系统废料损失	热塑性塑料注射机 热固性塑料注射机	要求同传递模 根据成型产量要求对某些热塑性注射模的工作零件可不淬硬
挤出模	热塑性塑料	在挤出机料筒内将塑料加热至流动状态,用螺杆将其挤出,通过端部的挤出模(又称机头)使之以一定的断面形状连续挤出,立即加以冷却固化成型	成型是连续的,制品为薄膜、棒材、管材、异型材等大长度制品 开始调整困难,后期操作简单、效率极高	挤出机	工作零件需耐压、耐磨、耐腐蚀;需淬硬、表面抛光镀硬铬
吹塑模	热塑性塑料	将塑料用挤出机挤出成管状(称型坯),在冷却硬化前放入开启的吹塑模内,模具对合后,在管中吹入空气使之膨胀并贴合在型腔壁上,再经冷却固化成型 也可用两薄片或用注射成型的中空带底件作型坯	用以制造空心的、用注射模成型而无法抽出型芯的中空塑件,如瓶类塑件等 成型塑件壁厚不均匀 成型周期短、效率较高,模具价廉	吹塑机	除非产量特大,一般不需使用优质的模具钢。常用的模具材料有结构钢、铝、锌。广泛使用的是铝,必要时局部嵌入钢质镶件
吸塑模	热塑性塑料	将塑料片材夹紧在模具内,用加热器加热,利用真空作用将软化的片材吸附在型腔壁上,冷却成型 也可在相反方向压入压缩空气,同时在片材与模具间抽真空成型	适用于用片材制作大型塑件 塑件尺寸精度不高,不能成型各部位壁厚不相同的塑件	吸塑机	由于成型压力低,模具材料一般可采用石膏、热固性塑料等。大批量生产时才使用金属模具
发泡成型模	热塑性塑料 热固性塑料	将增加了发泡剂的塑料注入模具(也可用于挤出成型、吹塑成型等)而形成发泡塑件	用于成型绝热、包装、吸音、绝缘、防震、装饰等用途的发泡件 成型压力低、冷却时间长	注塑机、挤出机、吹塑机、各种发泡机	模具材料不要求高的机械强度,要求导热性好,采用铜、铍青铜、铝合金、锌合金和钢等

2.3 压铸模

压铸模是用压力铸造方法获得锡、铅、锌、铝、镁、铜等各种合金材料的铸件用模具。用压铸模成型的铸件表面光洁、轮廓清晰、尺寸及形状稳定、精度较高。可以铸造形状复杂或镶铸不同金属配件的铸件。因此压铸模被广泛应用于各行业。

压铸所用的设备有热压室压铸机、立式或卧式冷压室压铸机和全立式压铸机。

压铸的过程是将金属液以高压、高速注入模具,并在模具中凝固成铸件后被顶出。根据压铸合金的不同以及铸件形状的复杂程度,压铸所需的压射比压为20~80MPa。

金属液进入模具,对模具型腔和型芯表面进行激烈的冲击和冲刷,使之受到侵蚀和磨损。金属液又难免将熔渣带入模具,使之与型腔、型芯产生复杂的化学作用。高温的金属液又使模具型腔、型芯表层温度激烈上升,与内部产生很大的温度梯度而产生内应力,导致表面产生裂纹。

因此模具型腔、型芯等零件必需具有较高的高温强度、高温硬度、抗回火稳定性和冲击韧度,并需有良好的导热性、抗热疲劳性、高温抗氧化性和抗蠕变性。

2.4 锻模

锻模是热模锻的工具。锻模模膛制成与所需锻件凹凸相反的相应形状,并作合适的分型。将锻件坯料加



热到金属的再结晶温度以上的锻造温度范围内,放在锻模上,利用锻造设备的压力将坯料锻造成带有飞边或极小飞边的锻件。

根据使用设备的不同,锻模分锤锻模、机械压力机锻模、螺旋压力机锻模、平锻模等。

锻模对高温状态下的金属进行压力加工,工作条件较差,需承受反复冲击载荷和冷热交变作用,产生很高的应力。金属流动时还会产生摩擦效应。因此模具在作业条件下应具有高的强度、硬度、耐磨性、韧性、抗氧化性、热传导性和抗热裂性。

2.5 粉末冶金模

粉末冶金是用模具将金属粉末压制成要求形状的坯件,然后将坯件在熔点以下的温度加热烧结而制成金属制品的一种金属加工方法。将金属粉末压制成型的模具称粉末冶金模。

压制方法应用最广的是冷压成型,此外还有热压成型、水静压制成型、热等静压制成型等。

仅就冷压成型而言,在成型过程中,粉末冶金模需承受极高的压力(>100MPa)之外,粉末流动对模壁产生强烈摩擦。因此模具的型腔件、模冲等零件都必须具有高的耐压、耐磨性能。

粉末成型使用的设备有专用的全自动液压机、转盘式压力机、杠杆压力机等。

2.6 橡胶模

橡胶模是将天然橡胶或合成橡胶制成橡胶成型件的模具。

根据橡胶成型方法,橡胶模有表5-1-2所列几种。

表 5-1-2 橡胶模分类

	成型简要过程	特点
压制模	使用平板硫化机,将橡胶原料填入模具下模,合上上模后加压、加热并保持一定时间硫化成型,称压制成型	应用较多 模具简单 较难成型精度 要求高的制件
压注(传递)模	使用平板硫化机,上、下模合模后放入机内,模具上放上加料圈并将橡胶原料放入,再放入柱塞,压机对柱塞加压并对模具加热。橡胶原料即通过流道进入模具型腔硫化成型,称压注(传递)成型	模具较简单 适用于有较细小孔的制件 成型精度较高
注射模	用于注射成型,成型方法与塑料注射成型相似,硫化时间短,效率高是橡胶成型的发展方向	模具与塑料注射模相似,适用于大量生产

橡胶模一般采用结构钢或碳素工具钢。但由于在硫化过程中胶料分离出含硫化化合物的物质腐蚀型腔表面,以及强度及磨损等原因,因此大量生产用的模具应采用合金工具钢,淬硬并表面镀硬铬。

2.7 玻璃模

使熔融的玻璃原料成型用的模具称为玻璃模。最具代表性、最多使用的是制造瓶类的玻璃模。一般瓶口直径比胴体直径小。为便于脱出制件,模具往往制成对接对合形式。

成型方法有人工成型、半自动成型和全自动成型。大量生产几乎都采用全自动制瓶机的全自动成型。

成型是将进入模具的熔解玻璃用压缩空气吹压。为了防止吹压产生的壁厚不均,可采用粗模成型和精模成型的两个步骤的工艺。用粗模制成型坯,用精模将型坯制成制品。

根据成型型坯的方法,模具具有:

(1)吹-吹(blow & blow)模。粗、精模均为吹成型的模具。

(2)压-吹(press & blow)模。用粗模的柱塞加压成型和用精模的吹成型。广泛用于制瓶工业。加压成型的型坯壁厚大致均匀。

成型过程中,模具与高温的熔解玻璃接触,模具温度也随之升高,因此要考虑模具的热变形。模具材料一般采用结构钢,易磨损部位予以表面硬化处理。

2.8 陶瓷模

工业上常用的陶瓷件有电照、电讯、电力和特种电瓷等。要求有一定的力学和绝缘性能。最近发展到用作结构件(如柴油机缸套缸盖)及刀具。

电瓷件是将电瓷原料(主要成分是粘土、长石和石英)用加压成型方法制成坯件,干燥、上釉后焙烧而成。加压成型用的模具称陶瓷模。采用的设备有螺旋压力机、摩擦压力机、液压机和专用压力机。

坯件的成型过程是将模具型腔涂上脱模剂,将准确重量的泥料放入下模型腔内,将上模下压至上下模板合紧为止,然后开模,顶出坯件。

成型过程中,泥料受压流动,与模具型芯、型腔发生摩擦,因此模具型芯、型腔零件一般采用碳素工具钢、淬硬。

3 模具的发展趋势

模具是在产品零件性能、质量、造型、数量、成本



和交货期要求的不断提高下发展起来的。模具的发展也离不开与其密切相关的技术领域,包括产品零件成形工艺,使用模具的设备和附属装置,加工、检测模具的设备和量、刃、磨具,以及制造模具和产品零件的材料等等。目前,模具发展的趋势有:

(1)大量生产用模具向高效率发展。在发展高效率成形设备的前提下,推动了高效率模具的发展。如为了适应高速压力机的使用,对多工位级进模的使用可靠性提出了更高的要求,又如为了适应高速注射机的应用,要求提高注射模切断进料口、顶出塑件的自动化程度等等。

(2)小批量生产用模具向简易化发展。小批量生产中,为了降低成本,缩短模具制造周期将采用和发展简易模具。如钢皮冲模、薄板冲模、金属喷镀模、聚氨酯模具和用锌合金、低熔点合金、环氧树脂、超塑性金属做型腔的模具等等。

(3)发展多功能模具。为了更高的效率或更高的质量要求,发展多功能的模具。如多工位级进模发展具有装配功能、一副模具同时冲两个冲件而在最后工步使之装配在一起的功能。又如具有组合功能的双色、多色

注射模等。

(4)模具向高寿命发展。高效率的模具必然需要高寿命,否则将造成频繁的模具装拆和整修,或需要更多的备模。为了达到高寿命的要求,除模具结构优化以外,重要的是模具材料的选用和正确的热处理工艺。因此也将推动模具材料的开发和热处理技术的发展。

(5)模具向高精度发展。高效率、多功能、高寿命的模具必然是高精度的。高精度的模具一定要采用高精度的加工设备和高新技术的加工工艺。如采用数控线切割机床、数控坐标磨床、加工中心等设备。因此也推动了精密加工设备和精密加工技术的发展。

(6)模具制造周期要求短。各种产品为了能适应市场竞争,要求模具能在最短的时间内提供。为此模具将愈来愈多地采用标准化模具零件,因此模具标准化程度的提高是个发展方向。

(7)发展模具计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)和计算机集成制造(CIM)是提高设计、制造效率、减少设计、制造错误和模具生产科学管理的最有效措施,因此是模具生产、模具技术发展的一个重要方向。

第2章 冲模^{[3]~[5]}



(续)

冲模的结构必需满足冲压生产的要求,其要点如下:

- (1) 必需能冲出合格的冲件。
- (2) 必需适应批量生产的要求。
- (3) 必需满足使用方便,操作安全可靠。
- (4) 必需坚固耐用,达到使用寿命要求。
- (5) 要容易制造和便于维修。
- (6) 成本必需低廉。

1 冲模的分类、特点与用途 (表 5·2-1)

表 5·2-1 冲模的分类、特点与用途

分 类	特 点 与 用 途
根据工序的复合性 (1) 单工序模 (2) 复合模 (3) 级进模	单工序模只完成一个工序 复合模是在压力机一次行程中,在同一工位上完成两道或更多工序的冲模 级进模是具有两个或更多工位的冲模,材料随压力机行程逐次送进一工位,从而使冲件逐步成形

分 类	特 点 与 用 途
根据工序性质 (1) 冲裁模 (2) 弯曲模 (3) 拉深模 (4) 成形模 (5) 冷挤模 (参见第 3 篇第 7 章)	冲裁模使部分材料或工序件与另一部分材料、工(序)件或废料分离 弯曲模使材料产生塑性变形,从而被弯成有一定曲率、一定角度的形状 拉深模把平坯料或工序件变为空心件,或者把空心件进一步改变形状和尺寸 成形模用以将材料变形,使工序件形成局部凹陷或凸起 冷挤模使材料在三向压应力下塑性变形挤出所需尺寸、形状及性能的零件
按照导向装置 (1) 无导向装置的模具 (2) 有导板导向的模具 (3) 有导柱导向的模具	对生产批量较大,冲件精度较高,模具寿命要求较长的模具必需采用导向装置。应用导柱导套来导向的模具最为普遍



(续)

分 类	特 点 与 用 途
按送料方式 (1) 手工送料模具 (2) 带有自动送料装置的模具	带有自动送料装置的模具, 在调整完成后不需要人工进行操作, 适用于多工位级进模
按冲模制造的难易程度 (1) 简易冲模 (2) 普通冲模 (3) 高精度冲模(参见第4篇第5章)	简易冲模成本低, 制造周期短, 特别适用于新产品试制和小批生产, 主要有通用组合冲孔模、分解式组合冲模、钢皮冲模、薄板冲模、锌基合金模、聚氨酯橡胶冲模等 普通冲模是目前用得最多、最广的冲模 高精度冲模用于精密冲件生产
按生产适应性 (1) 通用冲模 (2) 专用冲模	通用冲模适用于小批和试制性生产的冲件 专用冲模适用于指定的冲件
按生产管理 (1) 大型冲模 (2) 中型冲模 (3) 小型冲模	往往以不同的行业而有所区分

2 普通冲模的结构形式与设计

2.1 冲裁模的结构形式与设计

冲裁模种类较多, 本节仅就工厂普遍使用的以制造板类冲件的落料模、冲孔模、冲裁复合模、冲裁级进模加以叙述。

2.1.1 落料模

落料模是沿封闭的轮廓将制件或工序件与板料分离的冲模。

图 5-2-1 所示为冲制锁垫的落料模。该模具有导

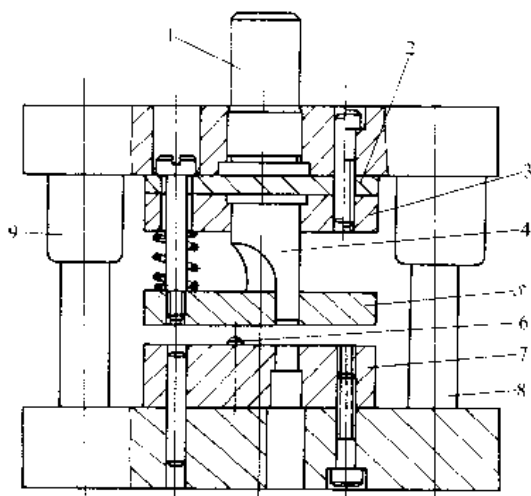


图 5-2-1 落料模

1—模柄 2—垫板 3—凸模固定板 4—凸模 5—卸料板
6—定位销 7—凹模 8—导柱 9—导套

柱、导套导向, 因而凸、凹模的定位精度及工作时的导向性都较好。导套内孔与导柱的配合要求为 H6/h5。凸模断面细弱, 为了增加强度和刚度, 凸模上部放大。凸模与固定板紧配合, 上端带台肩, 以防拉下。凹模刃壁带有斜度, 冲件不易滞留在刃孔内, 同时减轻对刃壁的磨损, 一次刃磨量较小。刃口尺寸随刃磨变化。凹模刃口的尺寸决定了落料尺寸。凸模和凹模间有刃口间隙。冲裁间隙及模具刃口尺寸的计算参见第 4 篇第 4 章。

在条料进给方向及其侧面, 装有定位销, 在条料进给时确定冲裁位置。工件从凹模的落料孔中排出, 条料由卸料板卸下, 这种无导向弹压卸料板广泛用于薄材料和零件要求平整的落料、冲孔、复合模等模具上的卸料, 弹压元件可用弹簧或硬橡胶板, 卸料效果好, 操作方便。

2.1.2 冲孔模

冲孔模是在落料板材或成形冲件上, 沿封闭的轮廓分离出废料得到带孔制件的冲模。

1. 冲单孔的冲孔模 其结构大致与落料模相同。冲孔模的凸模、凹模类似于落料模。但冲孔模所冲孔与工件外缘或工件原有孔的位置精度是由模具上的定位装置来决定的。常用的定位装置有定位销、定位板等。

2. 冲多孔的冲孔模 图 5-2-2 是印制板冲孔模, 用于冲裁印制板小孔, 孔径为 $\phi 1.3\text{mm}$, 材料为复铜箔环氧板, 厚 1.5mm。为得到较大的压料力, 防止孔壁分层, 上模采用六个矩形弹簧。导板材料为 CrWMn, 并淬硬至 50~54HRC, 凸模 3 采用弹簧钢丝, 拉好外径后切断、打头, 即可装入模具中使用。凸模与固定板动配合。下模为防止废料胀死, 漏料孔扩大, 工件孔距较近时, 漏料孔可以相互开通。

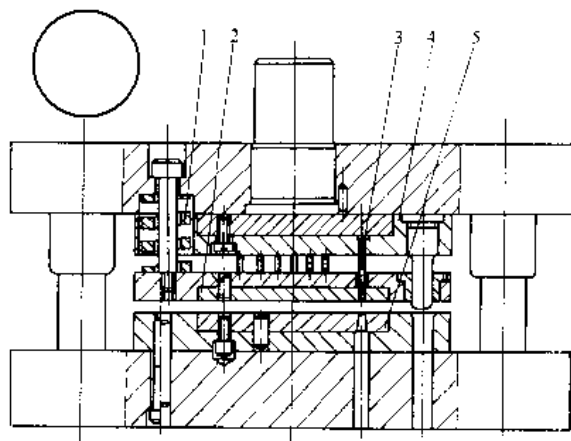


图 5-2-2 印制板冲孔模

1—矩形弹簧 2—导板 3—凸模
4—凸模固定板 5—凹模



3. 深孔冲模 当孔深比 t/D (料厚/孔径) ≥ 1 , 即孔径等于或小于料厚时, 采用深孔冲模结构。图 5-2-3 是凸模导向元件在工作过程中的始末情况, 该结构给凸模以可靠的导向。主要的特点是导向精度高, 凸模全长导向以及在冲孔周围先对材料加压。

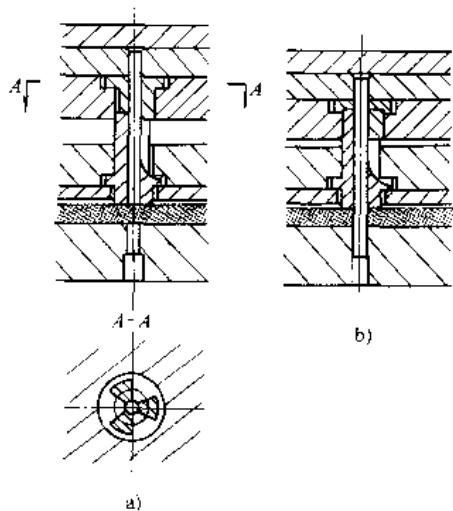


图 5-2-3 凸模导向元件在工作行程中的始末情况
a) 冲孔开始 b) 冲孔结束

2.1.3 冲裁复合模

冲裁复合模是只有一个工位, 并在压力机的一次行程中, 同时完成落料与冲孔两道冲压工序, 见图 5-2-4。

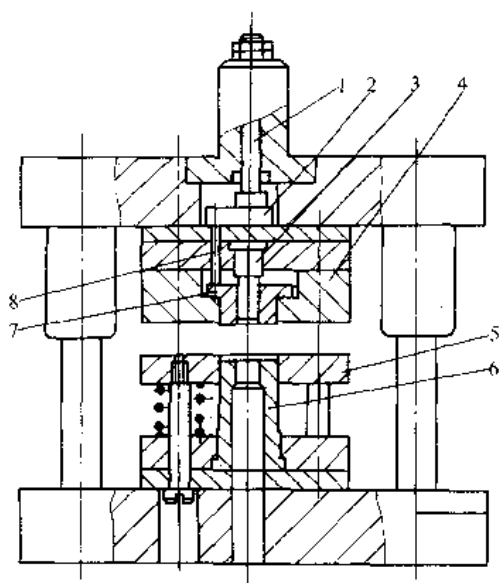


图 5-2-4 复合模
1—打棒 2—打板 3—冲孔凸模 4—落料凹模
5—卸料板 6—凸凹模 7—推块 8—推杆

凸凹模既是落料凸模又是冲孔凹模, 因此能保证冲件内外形之间的形状位置。

2.1.4 冲裁级进模

冲裁级进冲模是在条料的送料方向上, 具有两个以上的工位, 并在压力机一次行程中, 在不同的工位上完成两道或两道以上的冲压工序的冲模。

对孔边距较小的工件, 采用复合模有困难, 往往采取落料后冲孔, 由两副模具来完成, 如果采用级进模冲裁则可用一副模具来完成。

为了保证冲裁零件形状间的相对位置精度, 常采用定距侧刃和导正销定距的结构。

1. 定距侧刃 (图 5-2-5) 在条料的侧边冲切一定形状缺口, 该缺口的长度等于步距, 条料送进步距就以缺口定距。

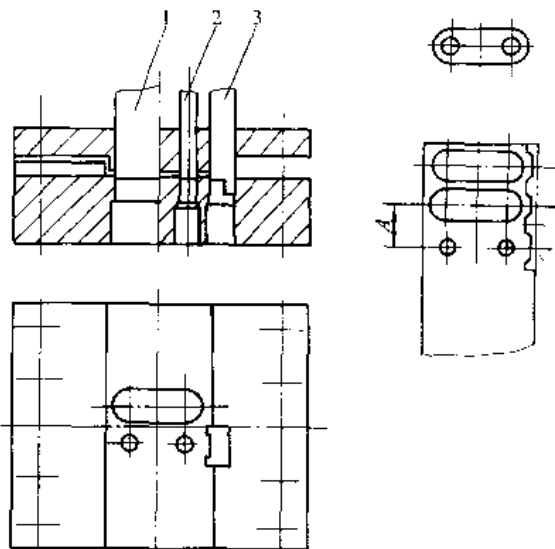


图 5-2-5 侧刃定距

1—落料凸模 2—冲孔凸模 3—侧刃

2. 导正销定距 (图 5-2-6) 导正销在冲裁中, 先进入预冲的孔中, 导正材料位置, 保证孔与外形的相对位置, 消除送料误差。

在图 5-2-6 中, 冲裁时第一步送料用手按压始用挡料销抵住条料端头, 定位后进行第一次冲制, 冲孔凸模在条料上冲孔。第一次冲裁后缩回始用挡料销, 以后冲压不再使用。第二步把条料向前送至模具上落料的位置, 条料的端头抵住固定挡料钉初步定位, 此时在第一步所冲的孔已位于落料的位置上, 当第二次冲裁时, 落料凸模下降, 装于落料凸模工作端的导正销首先插进原先冲好的孔内, 将条料导正到准确的位置, 然后冲下一个带孔的工件, 同时冲孔凸模又在条料上预冲好



(续)

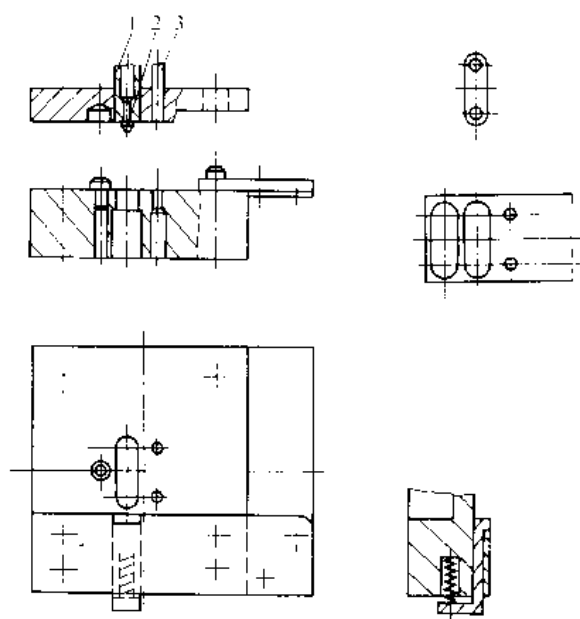


图 5-2-6 导正销定距

1—落料凸模 2—导正销 3—冲孔凸模
孔,以后各次动作均与第二次同。

2.1.5 冲裁模结构设计提示

表 5-2-2 列出冲裁模结构设计中需要注意的因素。

表 5-2-2 冲裁模结构设计中需要注意的因素

因素	注意事项
排样	冲裁件的排样(参见第4篇第4章)
模具结构	为何采用单工序冲裁模而不用复合模或级进模 模具结构是否与冲件批量相适应
模架尺寸	模架的平面尺寸,不仅与模块平面尺寸相适应,还应与压力机台面或垫板开孔大小相适应。用增加或除去垫板的办法使压力机容纳模具时,注意压力机台面(垫板)开孔的改变
送料方向	送料方向(横送、直送)要与选用的压力机相适应
冲裁力	冲裁力计算及减力措施参见第4篇第4章
操作安全	冲孔模应考虑放入和取出工件方便安全
防止失误	冲孔模的定位,宜防止落料平坯正反面都能放入

因素	注意事项
凸模强度	多凸模的冲孔模,邻近大凸模的细小凸模,应比大凸模在长度上短一冲件料厚,若做成相同长度则容易折断
防止侧向力	单面冲裁的模具,应在结构上采取措施,使凸模和凹模的侧向力相互平衡,不宜让模架的导柱导套受侧向力
限位块	为便于校模和存放,模具安装闭合高度限位块,模具工作时限位块不应受压

2.1.6 冲裁模与压力机的关系

为了合理设计模具和正确选用压力机,就必需进行冲裁力计算(参见第4篇第4章3节)。选择压力机吨位时,应将冲裁力乘以安全系数,其值一般取1.3。

冲模与压力机的闭合高度也有一定的配合关系,即

$$(H_{\max} - h_1) - 5 \geq h \geq (H_{\min} - h_1) + 10 \quad (\text{mm})$$

式中 H_{\max} ——压力机的最大闭合高度(mm);

H_{\min} ——压力机的最小闭合高度(mm);

h_1 ——压力机垫板厚度(mm);

h ——模具的闭合高度(mm)。

2.1.7 冲裁件的公差等级

冲裁件普通级的公差等级为IT12~IT14,冲裁件精密级的公差等级为IT9~IT12。冲裁件普通级的角度公差等级为c级。冲裁件精密级的角度公差等级为m级。

2.2 弯曲模的结构形式与设计

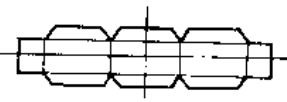
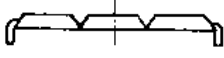
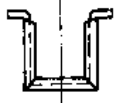
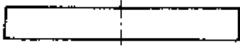
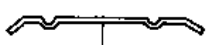
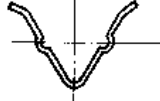
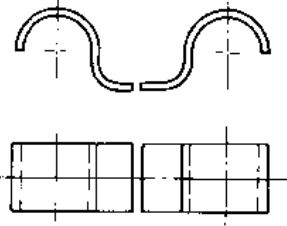
弯曲模是将毛坯或半成品制件沿弯曲线弯成一定角度和形状的冲模。

2.2.1 弯曲件的工序安排

弯曲件的结构工艺性参见第4篇第6章。对弯曲件安排弯曲工序时,应仔细分析弯曲件的具体形状、精度和材料性能。特别小的工件,尽可能采用一次弯曲成形的复杂弯曲模,这样有利于定位和操作。当弯曲件本身带有单面几何形状,在模具结构上采用成对弯曲,这样既改善模具的受力状态,又可防止弯曲毛料的滑移(表5-2-3)。



表 5-2-3 弯曲件的工序安排

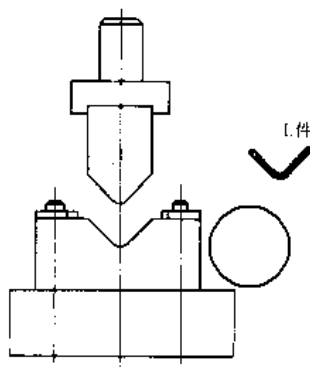
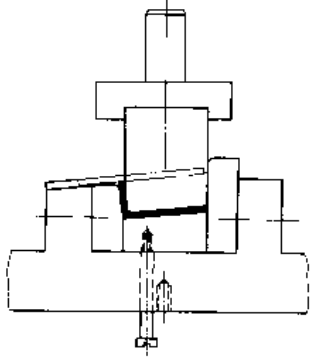
分 类	简 图		
二道弯曲工序	 展开图	 第一道弯曲	 第二道弯曲
三道弯曲工序	 展开图	 第一道弯曲	 第二道弯曲
对 称 弯 曲			

2.2.2 弯曲模结构形式

弯曲模结构有简易弯曲模,斜楔弯曲模,滚轮弯曲模,精弯模等。

1. 简易弯曲模 (表 5-2-4)

表 5-2-4 简易弯曲模

分类	简 图	特 点
V 形弯曲模		供弯制各种单角或双角弯曲件用
L 形弯曲模及 U 形弯曲模		L 形弯曲模一般倾斜角取 $5^{\circ} \sim 8^{\circ}$ U 形模的凸、凹模和顶板的工作面水平放置,左右对称

2. 斜楔弯曲模 适用于弯曲零件的弯角小于 90° ,图 5-2-7 是示例。先由凸模下降,坯料弯曲成 90° ,然后斜楔推动活动凹模(滑块)弯曲零件。

3. 滚轮弯曲模 图 5-2-8 示滚轮式弯曲模,使零件在弯曲过程中具有良好的变形条件,从而得到形状正确的零件。

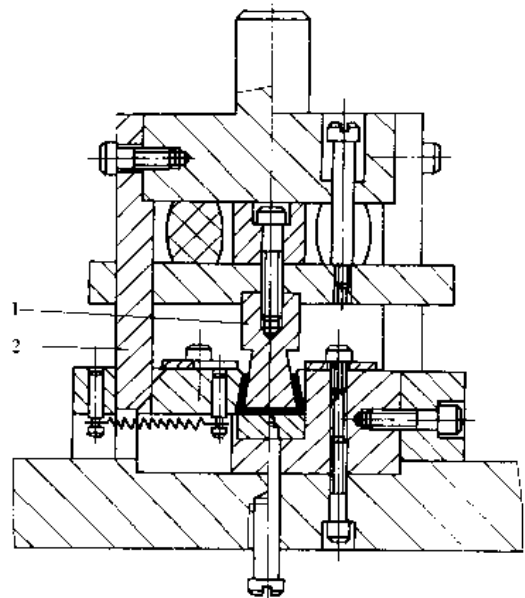


图 5-2-7 斜楔弯曲模

1—凸模 2—斜楔



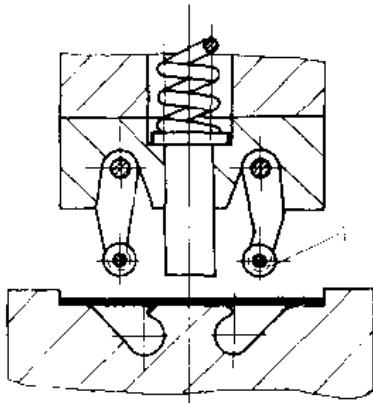


图 5-2-8 滚轮式弯曲模
1—滚轮

2.2.3 弯曲凸、凹模圆角半径与凹模深度

1. 凸模圆角半径 一般情况下,凸模圆角半径取等于或略小于工件内侧的圆角半径 R ,对于工件圆角半径较大 ($R/t > 10$),而且精度较高时,则应进行回弹计算(参见第4篇第5章)。

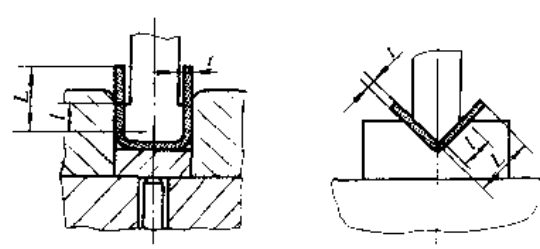
2. 凹模进口圆角半径 当凹模进口圆角半径过小时,弯矩的力臂减小,坯料沿凹模圆角滑进时的阻力增大,从而增加弯曲力,并使毛坯表面擦伤。在生产中,可按材料厚度,决定凹模圆角半径(表5.2-5)。

表 5-2-5 凹模进口圆角半径 R_A
(mm)

材料厚度 t	R_A
≤ 2	$(3 \sim 6)t$
$> 2 \sim 4$	$(2 \sim 3)t$
> 4	$2t$

3. 凹模深度 凹模深度在表5.2-6。凹模深度过小,毛坯两边自由部分太多,弯曲件回弹大,不平直。但凹模深度增大,消耗模具钢材多,且需要压力机有较大的工作行程。

表 5-2-6 凹模深度 l (mm)



边长 L	材料厚度 t			
	~ 0.5	$0.5 \sim 2.0$	$2.0 \sim 4.0$	$4.0 \sim 7.0$
10	6	10	10	
20	8	12	15	20
35	12	15	20	25
50	15	20	25	30
75	20	25	30	35
100		30	35	40
150		35	40	50
200		45	55	65

2.2.4 弯曲模结构设计提示

表5.2-7列出弯曲模结构设计中需要注意的因素。

表 5-2-7 弯曲模结构设计中需要注意的因素

因素	注意事项
模具结构的复杂程度	模具结构是否与冲件批量相适应
模架	对称模具的模架要明显不对称,以防止上、下模装错位置
对称弯曲件	对称弯曲件的凸模圆角和凹模圆角应分别作成两侧相等 小型的一侧弯曲件,有时可用同时弯两件变成对称弯曲,以防止冲件滑动,冲件在弯后切开
毛坯位置	落料断面带毛刺的一侧,应位于弯曲内侧
弯曲件卸下	U形弯曲件校正力大时,也会贴住凸模,需要卸料装置
校正弯曲	校正力集中在弯曲件圆角处,效果更好,为此对于带顶板的U形弯曲模,其凹模内侧近底部处应做出圆弧,圆弧尺寸与弯曲件相适应



(续)

因素	注意事项
安全操作	放入和取出工件, 必须方便、安全
便于修模	弹性材料的回弹只能通过试模得到准确数值, 因而模具结构要使凸(凹)模便于拆卸、便于修改
提高弯曲件的精度	提高弯曲件精度的工艺措施有减少回弹、防止裂纹以及克服弯曲件偏移

2.3 拉深模的结构形式与设计

拉深模是把坯料拉压成空心体, 或者把空心体拉压成外形更小而板厚没有明显变化的空心体的冲模。

2.3.1 拉深模结构形式

1. 第一次拉深工序的模具 (表 5.2-8)
2. 后续拉深工序的模具 (表 5.2-9)

表 5.2-8 第一次拉深工序的模具

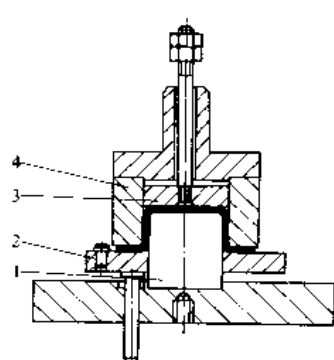
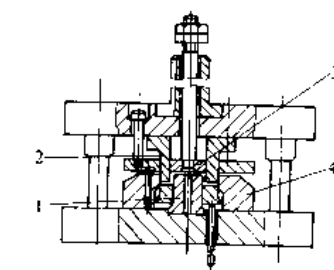
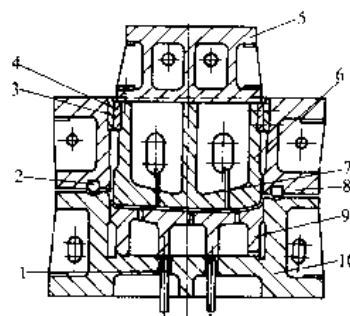
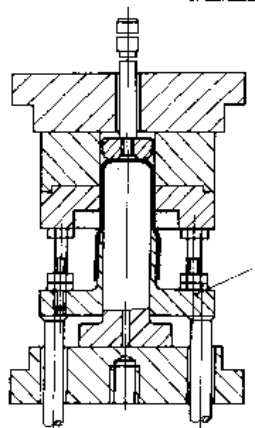
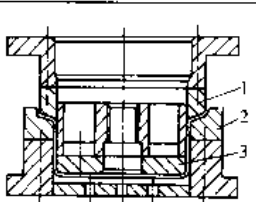
分类	简单拉深模	落料拉深复合模	双动压力机用拉深模
简图	 <p>1—凸模 2—压料圈 3—推件板 4—凹模</p>	 <p>1—拉深凸模 2—凸凹模 3—推件板 4—落料凹模</p>	 <p>1—顶棒 2—拉延筋 3、4—导板 5—凸模固定座 6—凸模 7—出气管 8—压料圈 9—凹模 10—凹模座</p>
特点	凸模装于下模, 坯料由压料圈定位, 推料板推下拉深件	首先落料出拉深坯料, 再由拉深凸模和凸凹模将坯料拉深	根据拉深工艺使用双动压力机。凸模通过固定座安装在双动压力机的内滑块上, 压料圈安装在双动压力机的外滑块上, 凹模安装在双动压力机的下台面上, 凸模与压料圈之间有导板导向

表 5.2-9 后续拉深工序的模具

(续)

分类	简图	特点	分类	简图	特点
在单动压力机上的拉深模	 <p>1—定位圈</p>	定位圈使工序件定位, 而该定位圈又是压料圈	在双动压力机上的拉深模	 <p>1—压料圈 2—凹模 3—凸模</p>	压料圈将坯料压紧, 凸模下降进行拉深

3. 反拉深模 将工序件按前工序相反方向进行拉深, 称为反拉深。反拉深把工序件内壁外翻, 工序件与凹模接触面大, 材料流动阻力也大, 因而可不用压料圈。图 5.2-9 是反拉深示例。图 5.2-10 示反拉深模,



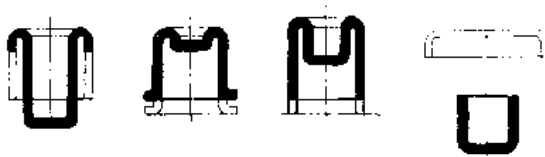


图 5-2-9 反拉深示例

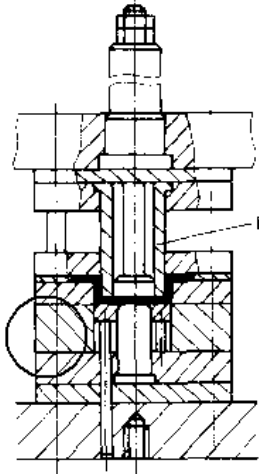


图 5-2-10 反拉深模

1—凹模

凹模的外径小于工序件的內径，因此反拉深的拉深系数不能太大，太大则凹模壁厚过薄，强度不足。

4. 变薄拉深模 变薄拉深与一般拉深不同，变薄拉深时工件直径变化很小，工件底部厚度基本上没有变化，但是工件侧面壁厚在拉深中加以变薄，工件高度相应增加。变薄拉深的坯料计算、工艺计算参见第4篇第8章。变薄拉深凹模的形式见表5-2-10。变薄拉深凸模的形式见表5-2-11。

图5-2-11示变薄拉深模，凸模下冲时，经过凹模（两件），对坯件进行二次变薄拉深，凸模上升时，卸料圈拼块把拉深件从凸模上卸下。

表 5-2-10 变薄拉深凹模的形式

简 图	参 数	
	凹模的锥角	工作带高度
	$\alpha = 7^\circ \sim 10^\circ$ $\alpha_1 = 2\alpha$	$D = 10 \sim 20\text{mm}$ 时 $h = 1\text{mm}$ $D = 20 \sim 30\text{mm}$ 时 $h = 1.5 \sim 2\text{mm}$

表 5-2-11 变薄拉深凸模的形式

简 图	参 数
	$\beta = 1^\circ, L > \text{工件长度 (加上修边留量)}$ $D = (\frac{1}{3} \sim \frac{1}{6}) d$

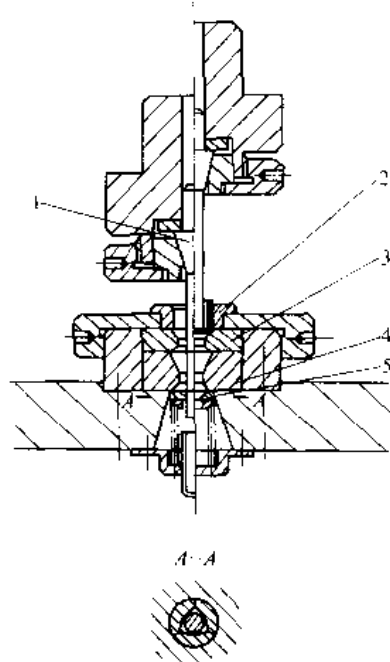


图 5-2-11 变薄拉深模

1—凸模 2—定位圈 3、4—凹模 5—卸料圈拼块

2-3-2 拉深模间隙、圆角半径与压料筋

1. 拉深模间隙 拉深模凸、凹模间隙过小时，使拉深力增大，从而使材料内应力增大，甚至在拉深时可能产生拉深件破裂。但当间隙过大时，在壁部易产生皱纹。

拉深模在确定其凸、凹模间隙的方向时，主要应正确选定最后一次拉深的间隙方向，在中间拉深工序中，间隙的方向是任意的。而最后一次拉深的间隙方向应按下列原则确定：

当拉深件要求外形尺寸正确时，间隙应由缩小凸模取得，当拉深件要求内形尺寸正确时，间隙应由扩大凹模取得。

矩形件拉深时，由于材料在拐角部分变厚较多，拐角部分的间隙应较直边部分间隙大 0.1t (t——拉深件



材料厚度)。

拉深时,凸模与凹模间每侧的间隙 $Z/2$ 可按下式计算:

$$\frac{Z}{2} = t_{\max} - Kt \quad (\text{mm})$$

式中 t_{\max} ——材料的最大厚度 (mm);

K ——系数,见表 5·2-12;

t ——材料的公称厚度 (mm)。

表 5·2-12 拉深模间隙系数 K

材料厚度 t (mm)	一般精度		较精密 拉深	精密 拉深
	一次拉深	多次拉深		
<0.4	0.07~0.09	0.08~0.10	0.04~0.05	0~0.04
$\geq 0.4 \sim 1.2$	0.08~0.10	0.10~0.14	0.05~0.06	
$\geq 1.2 \sim 3$	0.10~0.12	0.14~0.16	0.07~0.09	
≥ 3	0.12~0.14	0.16~0.20	0.08~0.10	

注: 1. 对于强度高的材料, K 取较小值。

2. 精度要求高的拉深件, 建议最后一道采用拉深系数 $m = 0.9 \sim 0.95$ 的整形拉深。

2. 圆角半径 凸模圆角半径增大, 可减低拉深系数极限值, 应该避免小的圆角半径。过小的圆角半径显然将增加拉应力, 使得危险剖面处材料发生很大的变薄, 在后续拉深工序中, 该变薄部分将转移到侧壁上, 同时承受切向压缩, 因而导致形成具有小折痕的明显的环形圈。

凹模圆角半径对拉深力和变形情况有明显的影响。增大凹模圆角半径, 不仅降低了拉深力, 而且由于危险剖面的应力数值降低, 增加了在一次拉深中可能的拉深深度, 亦即可以减低拉深系数的极限值。但过大的圆角半径, 将会减少毛坯在压料圈下的面积, 因而当毛料外缘离开压料圈的平面部分后, 可能导致发生皱折。

多道拉深的凸模圆角半径, 第一道可取与凹模半径相同的数值, 以后各道可取工件直径减小值的一半。末道拉深凸模的圆角半径值, 决定于工件要求, 如果工件要求的圆角半径小时, 需增加整形模, 整小圆角。

拉深凹模的圆角半径

$$r_A = 0.8 \sqrt{(d_0 - d)t} \quad (\text{mm})$$

式中 d_0 ——坯料直径或上一次拉深件直径 (mm);

d ——本次拉深件直径 (mm);

t ——材料厚度 (mm)。

3. 压料筋 复杂曲面零件拉深时, 为控制坯料的流动, 根据拉深件的需要增加或减少压料面上各部位的进料阻力, 需要在模具上设置压料筋, 参见第 4 篇第 9 章。

2·3·3 拉深模结构设计提示

拉深模结构设计要注意的因素与冲裁模、弯曲模有共同点, 还要考虑其特殊点, 如表 5·2-13。

表 5·2-13 拉深模结构设计中需要注意的因素

因素	注意事项
拉深件高度	拉深中间工序的高度不能算得很准, 故模具结构要考虑安全“留量”, 以便工件稍高时仍能适应
气孔	拉深模应有气孔, 以便卸下工件
限位装置	弹性压边圈要有限位装置, 防止被压材料过分变薄
控制材料流动	对于矩形或异形拉深件, 可利用不等的凹模圆角、设置拉深筋等方法控制材料流动以达到拉深件质量要求

2·4 成形模的结构形式与设计

成形模是使板料发生局部的塑性变形, 按凸模与凹模的形状直接复制成形的模具。

2·4·1 成形模的结构形式

成形模的种类很多, 主要有翻孔模、翻边模、胀形模、起伏成型模、压印模、缩口模等。

图 5·2-12 示翻孔模。工件件有预冲孔, 凸模上端直径与预冲孔定位, 凹模下行将工件件压在压料板上, 压料力可由模具下部的弹顶器通过顶杆传递到压料板。由于翻边时工件件处于平整状态, 因此工件质量好。

图 5·2-13 示面板翻边模、凸模、凹模、凸凹模对工件件进行内外翻边, 生产效率提高。

图 5·2-14 为胀形模。

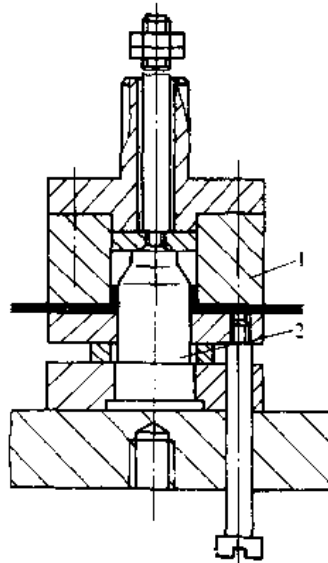


图 5·2-12 翻孔模
1—凹模 2—凸模

模具工业出版社

其

五十四



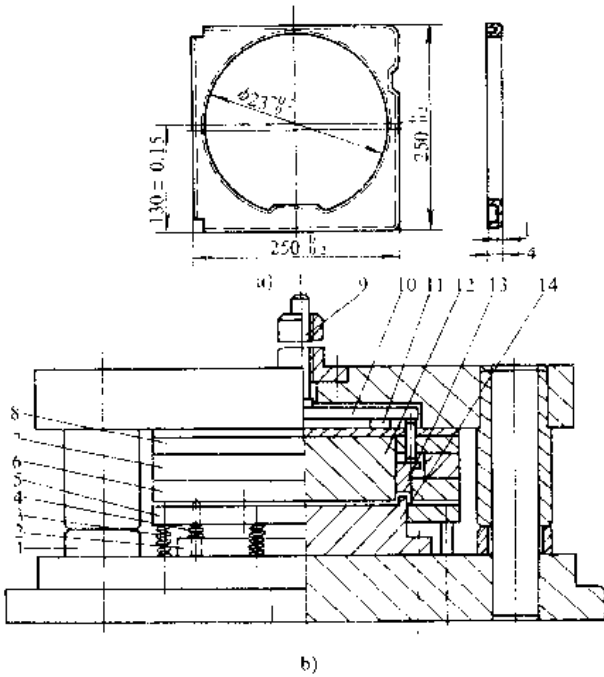


图 5-2-13 面板翻边模

a) 冲件 b) 模具

- 1-限位套 2-凸凹模 3-弹簧 4-活动档料装置 5-卸料板 6-凹模 7-空心垫板 8-凸模固定板 9-推杆 10、13-推板 11-垫块 12-凸模 14-凸凹模

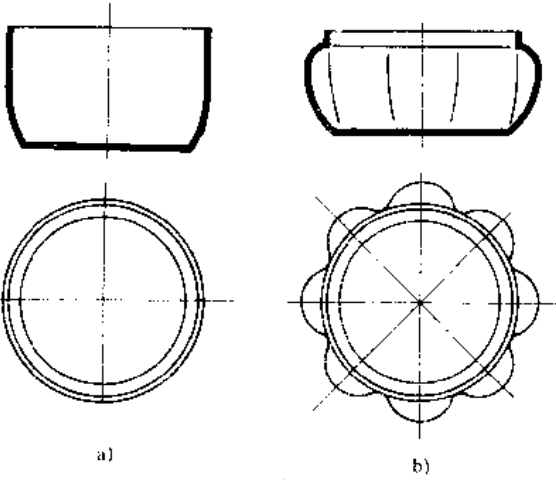


图 5-2-14 胀形模

a) 工序件 b) 成品 c) 模具

- 1-凸模 2、3-凹模

凸模材料为聚氨酯橡胶,有一定的弹性、强度和寿命,适宜制造各种成形模零件。由于工件的形状要求,凹模分成上下两半,以便取出,凸模则制成相似工件的形状,略小于工件内径。

图 5-2-15 示灯罩缩口模。模芯保证缩口尺寸,在缩口前,工件被由斜楔推动的下模夹紧,上模下降进行缩口。

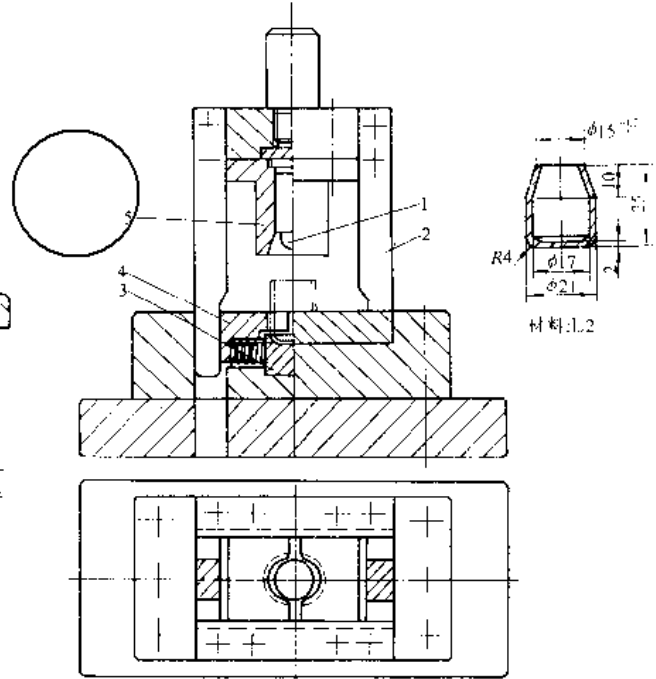


图 5-2-15 灯罩缩口模

1-模芯 2-斜楔 3、4-下模 5-上模

图 5-2-16 示百页窗成形模具,凸模的一边刃口将材料切开,而凸模的其余成形部分将材料作拉伸变形。

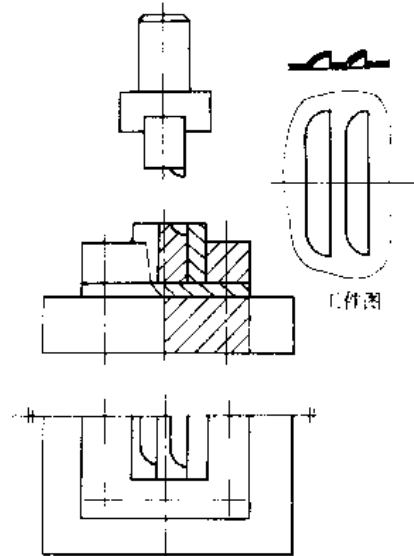


图 5-2-16 百页窗成形模



(续)

2.4.2 成形模结构设计提示

成形模中最为常用的是翻孔模。表 5.2-14 示翻孔凸模和凹模结构要点。

表 5.2-14 翻孔凸模和凹模结构要点

类别	要点
无预孔的穿刺翻孔模	为增加翻孔高度,采用无预孔的穿刺翻孔模。凸模端部取 60°锥形,凸模孔带台肩,以控制凸缘高度,避免直孔引起的边缘不齐
有预孔的翻孔模	<ol style="list-style-type: none"> 1. 抛物线形的翻孔凸模,有光滑圆弧过渡。翻孔质量好 2. 翻孔凸模端部直径先进入预孔,导正工件位置,然后翻孔 3. 带整形台肩的翻孔凸模,适宜于凸缘高度不高的翻孔,其特点是在行程终了时,工件圆弧部分受到整形

表 5.2-15 示出压印模和压花纹模结构要点。

表 5.2-15 压印模、压花纹模结构要点

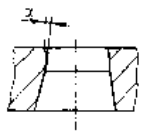
类别	要点
压印模	压印模大多数采用封闭式型腔,以免金属被挤到模具型腔的外面,对于比较大的工件或形状特殊需事后切边的工件,则采用敞开的型腔
压花纹模	压花纹深度 $h \leq (0.3 \sim 0.4)t$, 则用光面凹模,如 $h > 0.4t$ 时,需在凹模上按凸模作相应的凹槽,其宽度比凸模的凸出部大,深度则比较小些

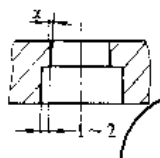
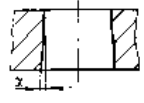
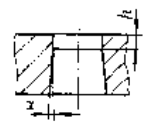
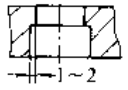
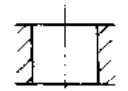
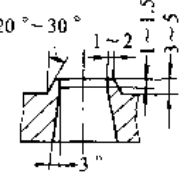
2.5 普通冲模零部件的结构形式与设计

2.5.1 凹模结构形式

冲裁凹模的刃壁形式见表 5.2-16。

表 5.2-16 冲裁凹模的刃壁形式

简图	特点	适用范围
	刃壁带有斜度,冲件或废料不易滞留在刃孔内,因而减轻对刃壁的磨损,一次刃磨量较少。刃口尺寸随刃磨变化 凹模工作部分强度好 α 一般取 $5' \sim 30'$	适用于冲件为任何形状,各种板厚的冲裁模(但料太薄不宜采用)

简图	特点	适用范围
	刃壁带有斜度,漏料畅通,但由于刃壁与漏料孔用台肩过渡,因此凹模工作部分强度较差	适用于材料厚度小于 3mm 的冲裁模
	凹模厚度即有效刃壁高度,刃壁带有斜度,冲件或废料不易滞留在刃孔内,因而刃壁磨损小,一次刃磨量少。 α 一般取 $5' \sim 15'$	适用于凹模较薄的小型薄料冲裁模
	刃壁无斜度,刃磨后尺寸不变。凹模工作部分强度较好	适用于精密冲裁模和把冲件或废料逆冲压方向推出的复合模
	刃壁无斜度,刃磨后刃口尺寸不变。但由于刃壁后端扩大,因此凹模工作部分强度较差	适用于把冲件或废料逆冲压方向推出的形状简单、材料较薄的复合模。也适用于薄料冲裁模
	凹模厚度即有效刃壁高度,刃壁无斜度。刃磨后刃口尺寸不变	适用于冲件或废料逆冲压方向推出的冲裁模
	凹模硬度较低,一般为 40HRC 左右,可借敲击调整模具间隙	适用于软而薄的金属冲裁模和非金属冲裁模

2.5.2 凹模结构尺寸

1. 凹模厚度 H 和壁厚 C 凹模厚度 H 可按下列式计算:

$$H = \sqrt[3]{0.1F} \quad (\text{mm})$$

式中 F - 最大冲裁力 (N)。

但 H 必须大于 10mm, 如果冲裁轮廓长度大于 51mm, 则上式计算值再乘以系数 1.1~1.4。

凹模壁厚按下式确定:

$$C = (1.5 \sim 2) H \quad (\text{mm})$$



2. 凹模刃口间最小壁厚 一般可参照表 5·2-17。

(续)

表 5·2-17 凹模刃口间最小壁厚

冲件材料	材料厚度 t		
	≤ 0.5	$0.6 \sim 0.8$	≥ 1
铝、紫铜	$0.6 \sim 0.8$	$0.8 \sim 1.0$	$(1.0 \sim 1.2) t$
黄铜、低碳钢	$0.8 \sim 1.0$	$1.0 \sim 1.2$	$(1.2 \sim 1.5) t$
硅钢、磷钢、中碳钢	$1.2 \sim 1.5$	$1.5 \sim 2.0$	$(2.0 \sim 2.5) t$

2·5·3 凸模形式

常见的凸模形式见表 5·2-18。

表 5·2-18 常用凸模形式

简图	特点	适用范围
	典型圆凸模结构。下端为工作部分，中间的圆柱部分用以与固定板配合(安装)，最上端的台肩承受向下的卸料力	冲圆孔凸模，用以冲裁(包括落料、冲孔)
	直通式凸模，便于线切割加工，如凸模断面足够大，可直接用螺钉固定	各种非圆形凸模用以冲裁(包括落料、冲孔)
	断面细弱的凸模，为了增加强度和刚度，上部放大	凸模受力大，而凸模相对来说强度、刚度薄弱
	凸模一端放长，在冲裁前，先伸入凹模支承，能承受侧向力	单面冲压的凸模
	整体的凸模结构上部断面大，可直接与模座固定	单面冲压的凸模
	凸模工作部分组合式	节省贵重的工具钢或硬质合金

简图	特点	适用范围
	组合式凸模，工作部分轮廓完整，与基体套接定位	圆凸模。节省工作部分的贵重材料

2·5·4 凹模和凸模的镶拼结构

主要用于大型冲模和刃口形状复杂以及个别部分容易损坏的小型冲模。镶块的分块要点如表 5·2-19。

表 5·2-19 镶块的分块要点

简图	说明
	减小镶块的接合面
	布置螺孔、销孔时，使螺钉接近刃口和接合面。销钉离刃口远些
	凹模角部应分块
	镶块分块线应在距离切点 3~5mm 的直线部分，只有在角部有四块同样 90°的镶块拼起来同时磨削加工时才分在切点上
	凸模镶块和凹模镶块的分块线不应重合
	镶块分块要便于调整间隙

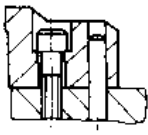
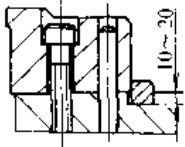
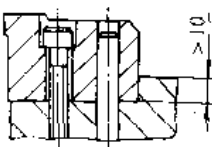
对于中、小型镶拼模，镶块的固定可采用框套螺钉固定法，圆形镶拼模可采用框套热压法。

对于大中型镶块的分段固定法如表 5·2-20。



表 5-2-20 大、中型镶块的分段固定法

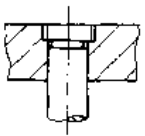
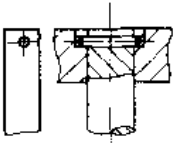
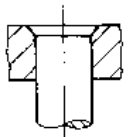
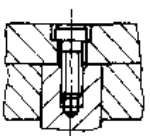
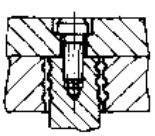
(续)

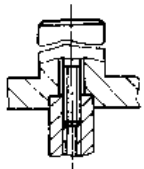
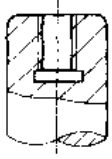
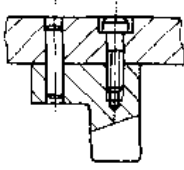
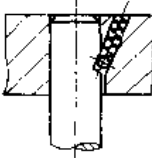
结构简图	特 点
	适用于冲裁料厚 < 1.5mm
	适用于冲裁料厚为 1.5~2mm
	适用于冲裁料厚 > 2.5mm

2.5.5 凸模固定形式

常见的凸模固定形式如表 5-2-21。

表 5-2-21 常见的凸模固定形式

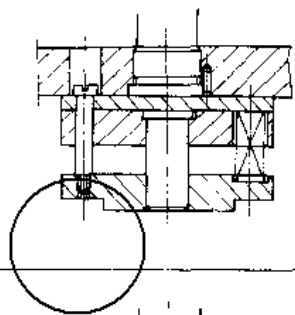
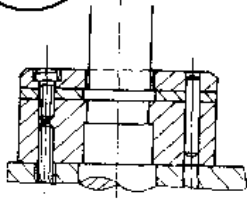
结构简图	特 点
	凸模与固定板紧配合，上端带台肩，以防拉下。圆凸模大多用此种形式固定
	直通式凸模，上端开孔，插入圆销以承受卸料力
	用于断面不变的直通式凸模，端部回火后铆开
	凸模与固定板配合部分断面较大，可用螺钉紧固
	用环氧树脂浇注固定

结构简图	特 点
	上模座横向开槽，与凸模紧配合，用于允许纵向稍有移动的凸模
	凸模以内孔螺纹直接紧固于压力机，用于中小型双动压力机
	用螺钉和圆销固定的凸模拼块，也可用于中型或大型的整体凸模
	负荷较轻的快换凸模，冲件厚度不超过 3mm

2.5.6 卸料板结构形式

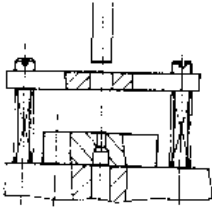
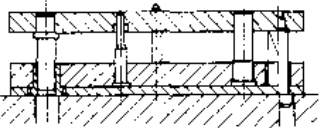
常见的卸料板结构形式如表 5-2-22。

表 5-2-22 常见的卸料板结构形式

结构简图	特 点
	无导向弹压卸料板，广泛应用于薄材料和冲件要求平整的落料、冲孔、复合模等模具上的卸料。卸料效果好、操作方便。弹压元件可用弹簧或硬橡胶板，一般以使用弹簧较好
	平板式固定卸料板，结构比弹压卸料板更简单，一般适用于冲制较厚的各种板材，若冲件平整度要求不高，也可冲制 ≥ 0.5~0.8mm 的各种板材



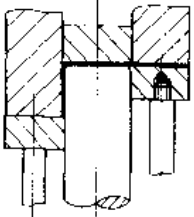
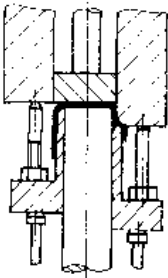
(续)

结构简图	特点
	半固定式卸料板,一般适用于较厚材料的冲件冲孔模。由于加大凹模与卸料板之间的空间,冲制后的冲件可利用压力机的倾斜或安装推件装置使冲件脱离模具,同时操作也较方便。由于卸料板是半固定式,因此凸模高度尺寸也可相应减少。
	弹压式导板。导板由独立的小导柱导向,用于薄料冲压。导板不仅有卸料功能,更重要的是对凸模导向保护,因而提高了模具的精度和寿命。 当冲件材料厚度 $> 0.8 \sim 3\text{mm}$ 时,导板孔与凸模配合为 $H7/h6$ 。

2.5.7 压料装置

在单动压力机上常用的拉深模压料装置见表 5.2-23。

表 5.2-23 拉深模的压料装置

结构简图	特点
	用于单动压力机的首次拉深模。由弹顶器或气垫等提供压料力,故压料力较大。
	用于单动压力机的后道拉深工序的压料装置,压料接触面积较小,为限制压料力,采用限位柱。

2.5.8 定位装置及导料装置

表 5.2-24 示定位装置。

表 5.2-24 定位装置

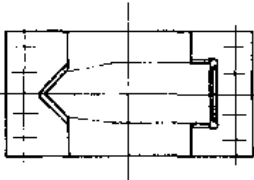
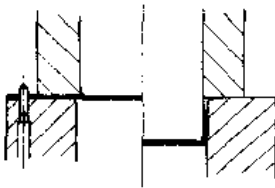
结构简图	特点
	用定位板沿冲件外形定位。
	用固定式或弹顶式活动定位销沿冲件外形定位。

表 5.2-25 示导料装置。侧刃切边后条料与导料板间空隙见表 5.2-26。无侧刃切边时条料与导料板间空隙见表 5.2-27。

表 5.2-25 导料装置

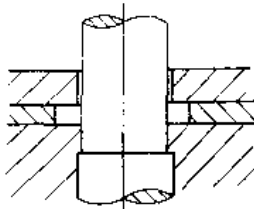
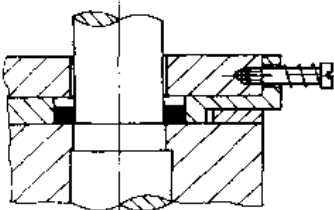
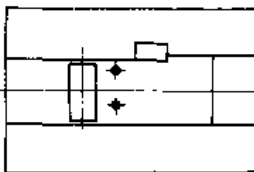
结构简图	特点
	应用最广的导料板导料,主要用于落料模。
	带侧压装置的导料装置,使条料紧靠导料板。
	带侧刃的导料装置。



表 5-2-26 切边后条料与导料板间空隙

(mm)			
条料厚度	≤1.2	>1.2~2	>2~3
空隙	0.05	0.075	0.10

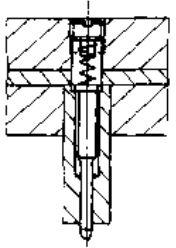
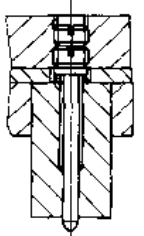
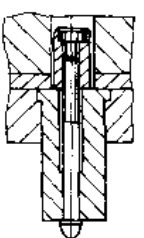
表 5-2-27 条料与导料板间空隙

(mm)				
无侧压装置				有侧压装置
条料厚度	条料宽度			
	≤100	>100~200	>200~300	>300
≤1	0.5	0.5	1	5
>1~5	0.8	1	1	5

2.5.9 导正销

导正销导正材料位置的方式有两种，即利用冲件孔直接导正及利用条料上另外设置的工艺孔间接导正。导正销的结构形式见表 5-2-28。导正销和孔间的空隙见表 5-2-29。导正销工作高度见表 5-2-30。

表 5-2-28 导正销的结构形式

结构简图	特 点
	一般适用于 $\phi 5\text{mm}$ 孔的导正。采用弹簧压住导正销，在送料不正常的情况下可避免损坏导正销和模具。
	一般适用于 $\phi 5\sim\phi 8\text{mm}$ 孔的导正。导正销与刃口的相对位置，可借调整垫圈进行调整。
	以长螺母固定的带台肩导正销，装卸方便，模具刃磨后导正销不须进行调整。适用于导正 $\phi 8\sim\phi 18\text{mm}$ 的孔。

(续)

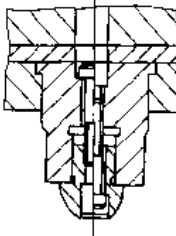
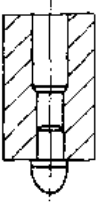
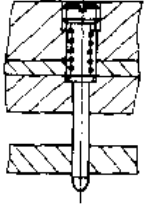
结构简图	特 点
	用于 $\phi 14\text{mm}$ 孔的导正。
	压入式导正销，仅用于简单结构和少量生产的模具上。
	适用于安装在下模上对条料上工艺孔或工件孔的导正。

表 5-2-29 导正销和孔间的空隙 (双向)

		(mm)			
精 度	冲件料厚	被导正的孔径			
		≤6	>6~10	>10~30	>30~50
一般精度	≤1.5	0.04	0.06	0.07	0.08
	>1.5~3	0.05	0.07	0.08	0.09
	>3~5	0.06	0.08	0.09	0.10
较高精度		0.025	0.03	0.04	0.05
特高精度		0.003~0.005		0.006	

表 5-2-30 导正销工作高度

		(mm)		
冲件料厚		被导正的孔径		
		≤10	>10~25	>25~50
≤1.5		1	1.2	1.5
>1.5~3		1~1.8	1.2~2.4	1.5~3
>3~5		1.8~2.5	2.4~3	3~4



2.5.10 压力中心的计算

一副冲模的压力中心就是指这副冲模各个冲压部分的冲压力的合力作用点。冲模的压力中心,应尽可能

通过模具中心并与压力机滑块中心重合,以避免偏心载荷使模具歪斜,间隙不均,从而加速压力机和模具的导向部分及凸、凹模刃口的磨损。

冲裁模压力中心计算的步骤和公式见表 5-2-31。

表 5-2-31 冲裁模压力中心计算的步骤和公式

简 图	计 算 步 骤	公 式
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 按比例画出工件(即凸模剖面)的轮廓形状,如简图所示 2. 在其轮廓外(或内)任意处,作坐标轴 X-X 和 Y-Y 3. 将工件轮廓线分成若干基本线段 l_1, l_2, \dots, l_6。因冲裁力与冲裁线段长度 l 成正比例,因此可简化计算公式 4. 计算各基本线段的重心位置到 Y-Y 轴的距离 x_1, x_2, \dots, x_6 和到 X-X 轴的距离 y_1, y_2, \dots, y_6 5. 计算压力中心到 Y-Y 轴的距离 X_c 和到 X-X 轴的距离 Y_c 	$X_c = \frac{l_1 x_1 + l_2 x_2 + \dots + l_6 x_6}{l_1 + l_2 + \dots + l_6}$ $Y_c = \frac{l_1 y_1 + l_2 y_2 + \dots + l_6 y_6}{l_1 + l_2 + \dots + l_6}$

表 5-2-33 弯曲件的质量分析

2.6 冲件质量分析

冲裁件、弯曲件、拉深件是最常见的冲件,其质量分析列于表 5-2-32~表 5-2-34。

表 5-2-32 冲裁件的质量分析

序号	缺 陷	消 除 方 法	
1	工件上部形成侧锤形的齿状毛刺	合理调整凸模和凹模的间隙及修磨工作部分的刃口	
2	工件有较厚的拉断毛刺,切断边缘上斜角显著,断面粗糙,且上下裂缝不重合而有凹坑现象		
3	工件的一边有显著带斜角的毛刺		
4	落料、冲孔件上产生毛刺,圆角大		
5	工件有凹形圆弧面		修磨凹模口
6	落料外形和冲孔位置不正成偏位现象		修正挡料钉或更换导正销和侧刃
7	工件内小孔孔口破裂及工件有严重变形		修对导正销尺寸

序号	缺 陷	消 除 方 法
1	弯曲件的形状和尺寸不正确	1. 修正凸、凹模 2. 采用弹压板或工艺孔定位 3. 修正定位装置
2	工件弯曲边缘上有刻痕	1. 增大圆角半径 2. 抛光模具工作面 3. 调整间隙
3	工件被弯周边有波纹	减小间隙
4	弯曲处变薄多	1. 增大圆角半径 2. 改变模具结构
5	弯角处有皱纹	1. 增大凸模圆角半径 2. 改变排样
6	弯角处有裂缝	1. 增加凸模弯曲半径 2. 对称件将材料翻面 3. 退火、或改用材料



表 5-2-34 拉深件的质量分析

(续)

序号	缺陷	消除方法
1	开裂, 脱底	<ol style="list-style-type: none"> 1. 选用合格厚度的材料 2. 退火、或更换材料 3. 保持材料表面完好清洁 4. 抛光工作表面 5. 加大圆角 6. 放大间隙, 调整间隙 7. 调整压料力 8. 增加工序、放大拉深系数 9. 用合适的润滑剂充分润滑 10. 合理调整上、下道拉深工序的参数和模具结构
2	起皱	<ol style="list-style-type: none"> 1. 增加压边力 2. 减小凹模圆角和间隙, 也可采用弧形压料圈, 压住凹模圆角处的材料 3. 调整压料圈和凹模的平行度, 去除坯料毛刺, 消除坯料表面杂物 4. 加大压料力, 采用压料筋或更改拉深工艺
3	无凸缘拉深件高度不匀或凸缘拉深件凸缘宽度不匀	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整定位 2. 调整间隙 3. 修正圆角 4. 更换材料
4	拉深件底部附近严重变薄或局部变薄	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换材料 2. 改用厚度符合规格的材料 3. 修磨凸模 4. 放大间隙 5. 放大圆角 6. 合理调整各道工序的拉深系数 7. 用合适的润滑剂充分润滑
5	拉深件上口材料拥挤	<ol style="list-style-type: none"> 1. 改用厚度合格的材料或放大间隙 2. 减小凸模圆角 3. 合理调整上下道拉深工序的参数和模具结构
6	拉深件表面发毛	<ol style="list-style-type: none"> 1. 修光工作表面 2. 清洁坯料 3. 提高模具硬度或改变模具材料 4. 改用干净的润滑剂

序号	缺陷	消除方法
7	拉深件外形不平整	<ol style="list-style-type: none"> 1. 改用平整的原材料 2. 加整形工序 3. 减小间隙 4. 调整有关变形量 5. 增加气孔

3 多工序级进冲模的结构形式与设计

多工序级进冲模将冲件的各个工序设在一副模具上, 压力机上一个行程就能完成一个冲件。它是提高生产效率的有效办法。

多工序级进冲模的结构设计和制造技术比普通冲模要复杂, 并且需要使用各种较精密的模具加工机床, 如坐标镗床、坐标磨床、慢走丝线切割机、光学曲线磨床等。随着模具加工技术与设备的进步, 可以制造出更高精度的多工序级进冲模。

多工序级进冲模的一般设计顺序如下:

- (1) 了解冲件的技术要求;
- (2) 分解冲制工序, 分析各工序的冲压方法;
- (3) 确定冲压工序排样;
- (4) 结构初步设计;
- (5) 零部件初步设计, 如模架、凸模、凹模、导正销、卸料装置、顶料装置、防粘模结构、安全装置、凸模高度调整结构、弯曲模的间隙调整装置、斜楔滑块装置、倒冲机构等。
- (6) 对零件加工工艺装配工艺的预定 (必要时要修改前述已决定的事项);
- (7) 维修的难易与可能性的检讨 (必要时要修改前述已决定的方案);
- (8) 正式装配图的绘制;
- (9) 各零件工作图的绘制;
- (10) 校核。

3.1 多工序冲裁级进冲模的结构形式与设计

如后面例举的仪表的游丝支片、电动机定、转子等冲件, 由于受模具强度或加工能力的限制, 不能在一个工位上完成全部加工, 因而采用分工序的多工序冲裁级进冲模。

为提高冲件精度, 除要求提高模具精度外, 导料方式需合理, 送进的步距精度需保证。

为提高材料利用率, 可采用多排排样, 和如转子、



定子的组合排样等。

为提高生产率,采取多排、提高设备转速和快速自动换模、换料等

游丝支片多工序冲裁级进冲模的冲件图、排样图和模具图见图 5·2-17~图 5·2-19。

游丝支片形状复杂,现采用级进冲模逐步切废料方法,最后落料。凹模采取拼块形式,带料自导料板中通行,由侧刃控制步距。具体工步见图 5·2-19:

- 第一步由冲孔凸模 7 冲孔,凸模 6 冲去废料。
 - 第二步凸模 4、5 再冲去废料。
 - 第三步凸模 3 继续冲废料。
 - 第四步凸模 2 冲出工件外缘一部分。
 - 第五步落料凸模 1 冲出成形工件。
- 导板对各凸模有导向保护作用。

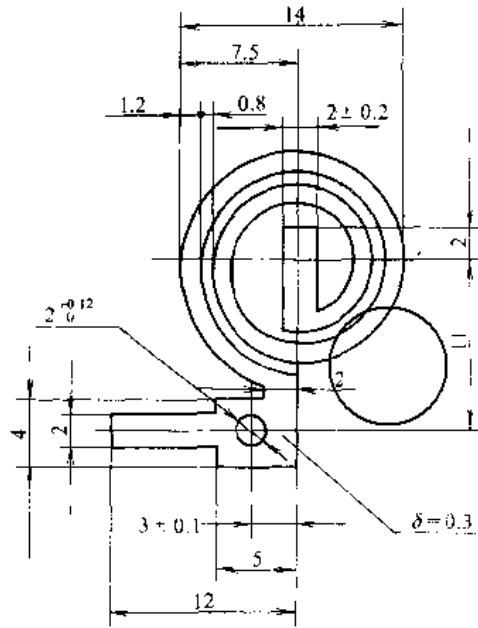


图 5·2-17 冲件图

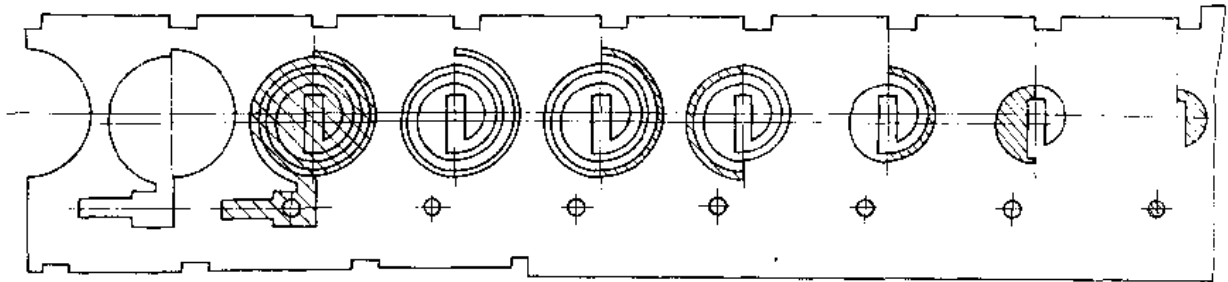


图 5·2-18 排样图

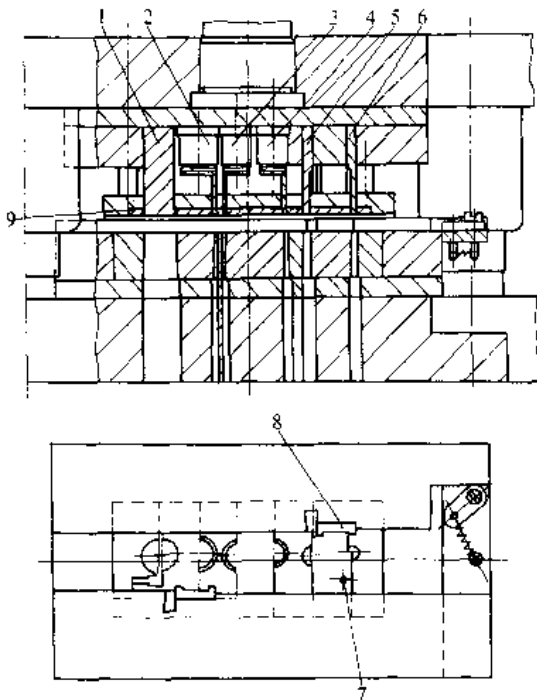


图 5·2-19 游丝支片多工序冲裁级进冲模
1—落料凸模 2、3、4、5、6—凸模 7—冲孔凸模
8—侧刃 9—导板

3·2 多工序冲裁、弯曲、拉深级进冲模的结构形式与设计

3·2·1 多工序冲裁、弯曲级进冲模的结构形式与设计

多工序级进冲模的冲裁工位主要依靠高精度数控

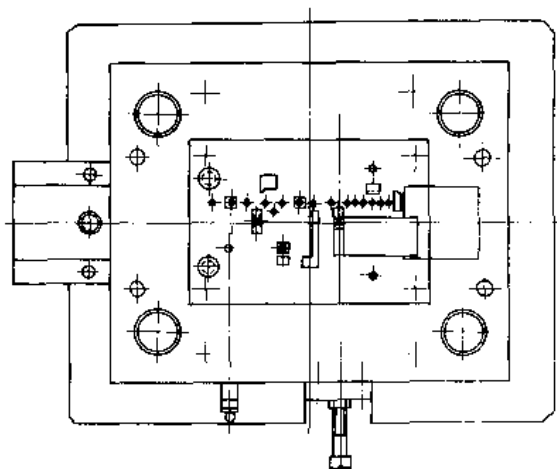


图 5·2-20 销和多工序级进冲模



机床的加工来达到其精度。但对有精度要求的成形弯曲工位还必须考虑到模具工作零件能得到调节和修正。

在带料的排样和安排加工顺序上，要充分考虑到不同形状的变形特点、弯曲方向与凸模动作方向的处理以及在冲压中可能引起滑移等问题。

图 5·2-20 所示的模具是用于冲制锁扣的 11 工位多工序级进模。图 5·2-21 是冲件图和排样图。模具使用在带有自动送料装置的高速压力机，要求模具精度高及刚性好。模具工作部分材料为 Cr12Mo。结

构上采用始用挡料销装置、可以调整凸模长度的装置，顶料装置和保护装置。所有凸模均由导板导向，凸模与固定板间配合为 0.05mm 的双向间隙，使在冲压过程中可自行导正。11 件导正销在一直线上，其间距误差 $\leq 0.01\text{mm}$ ，它是用来保证各工位的送料精度。冲长方孔凹模拼块采用可以调换的拼合式结构，用高精度的磨削加工能够保证互换性。该模具采用精度高，稳定性好的四导柱模架，由于在冲压过程中，必须保证导套不脱离导柱，故需用于行程符合要求的压力机。

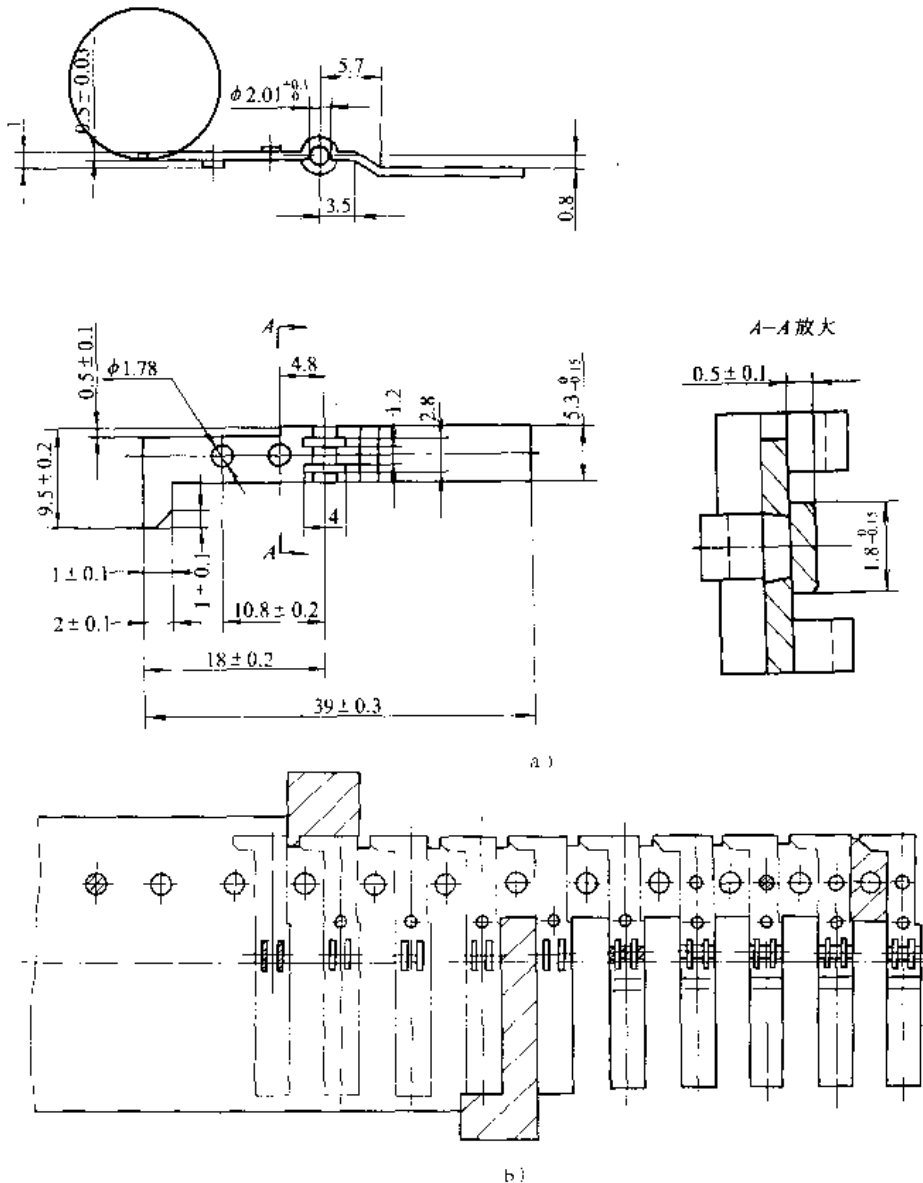


图 5·2-21 冲件图和排样图

3·2·2 多工序冲裁拉深级进冲模的结构形式与设计

多工序冲裁拉深级进冲模比多工序冲裁模的变化

因素大，主要涉及确保防皱压边面积和压料力，以及随着拉深时凸缘直径减小使步距变化和每一工序的深度变化及防皱压边力不均等。而且级进冲模与单工序模



相比,更需保证其安全性,在模具结构上要留有空位,以备必要时能有调整余地。

图 5-2-22 为多工序冲裁拉深模。

图 5-2-23 为冲件图及排样图。

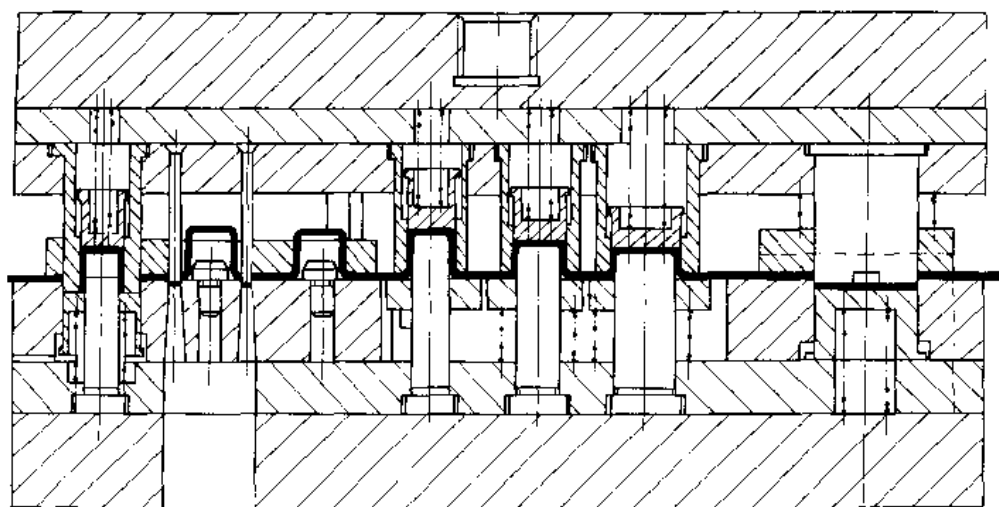


图 5-2-22 多工序冲裁拉深模

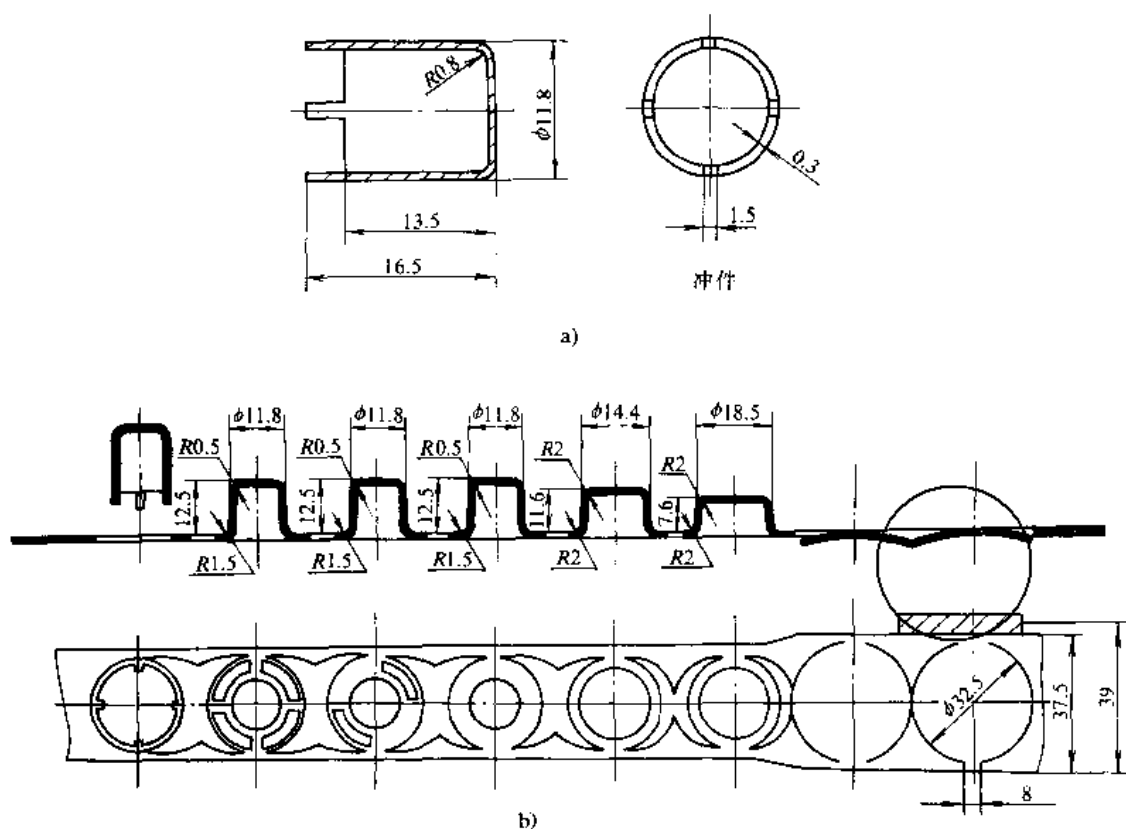


图 5-2-23 冲件图及排样图

a) 冲件图 b) 排样图

3.3 传递模

传递模是在多工位传送冲床上或装有传送机构的

普通冲床上使用的模具。它的特点是工件在工位之间的移动是利用传送机构上一系列的机械手移位的。传递模主要用来冲制多次拉深的工件,能使工件翻身冲



压，有独特优点。

表 5·2-35 是传递模结构设计中需要注意的因素。

表 5·2-35 传递模结构设计中需注意的因素

因素	注意事项
工位数量	工位数量要考虑到每道工序的保险因素，以及模具容易制造和维护
工位间距离（步距）	由于惯性的作用，传送机构不应高速，因此尽量缩短步距
工件的工位间传送	工位间的运送必须可靠，才能保证自动冲压顺利进行，保证工件质量
定位	工件传送结束被释放至模具上时，往往有使工件移动的危险。因此模具结构上采用导正销定位，在上模上设弹簧压销、压板将工件轻轻压住或在下模上安装磁铁使工件稳定

3·4 多工序级进冲模的零部件设计

1. 模架 为吸收在高速冲压时产生的强烈振动，模架的上、下模座采用较厚的 45 钢，机加工后进行人工时效处理消除内应力。采用二组或四组滚动式导向装置（按模座面积相应选择）。滚珠与导柱、导套间的过盈量为 0.02mm。对特别精密、高寿命的模具应用如图 5·2-24 的新型滚柱导柱导套。新型滚柱外形由三段圆弧组成，中间一段圆弧与导柱外圆配合，两端圆弧与导套配合，能长期保持精度。

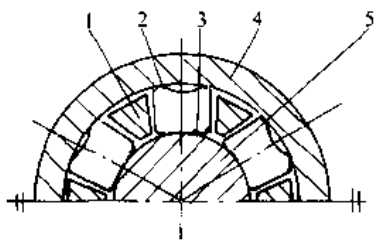


图 5·2-24 新型滚柱导柱导套

1—滚柱保持架 2—外接触部分 3—内接触部分
4—导套 5—导柱

2. 凸模、凹模

a. 凸模 多工序级进冲模的前段工位是采用凸模分解冲裁。用压板紧固凸模，装卸方便。为保护细小凸模采用如图 5·2-25 的结构。

对于变形力较小的成形凸模直接装在弹压卸料板上，便于修磨其他冲裁凸模。

b. 凹模 一般多工序级进冲模的凹模如表 5·2-36 所示的三大类型。

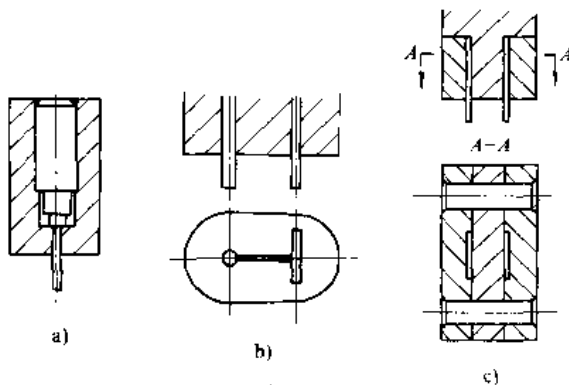


图 5·2-25 小凸模结构

表 5·2-36 凹模类型

分类	特点
排列式	以每一工位作为一个整体单工序模排列为级进模
整体式	在整体凹模内，将加工部分以工位为单元分开
磨削拼合式	适用于精密冲件，对于强度薄弱的凹模拼块，在凹模底面增加淬硬垫块

3. 导正销脱料装置 多工位级进冲模的导正孔一般都在第一工位冲出。当条料宽度尺寸较大时，多用双排定位。由于导正销数量多，导正销与导正孔之间的空隙小，因此必须考虑导正销的脱料，图 5·2-26 示导正销脱料弹顶器。

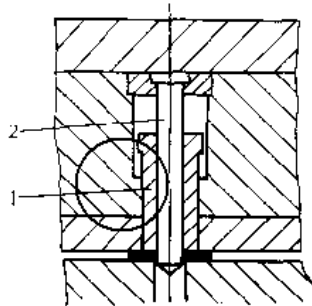


图 5·2-26 导正销脱料弹顶器

1—脱料套 2—导正销

4. 卸料装置 卸料装置由卸料板本体，导板、卸料弹性元件，卸料螺钉组成。

图 5·2-27 在卸料板上设置导向装置以保证卸料板的位置精度。

导板的型孔对凸模起导向保护，径向配合间隙 0.005~0.02mm（根据冲裁间隙的大小）。为方便卸料弹簧的安装调整，采用图 5·2-28 结构。

用套管和内六角螺钉的组合以代替卸料螺钉，更有利于制造和使用。

用浇注耐磨的专用环氧树脂于导板内孔，从而简便的达到导板内孔与凸模的精确配合导向，已在多工



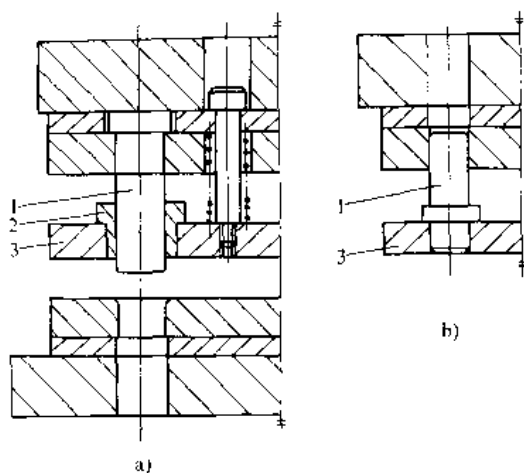


图 5-2-27 在卸料板上设置小导柱或小导套

a) 小导套 b) 小导柱

1—小导柱 2—小导套 3—卸料板

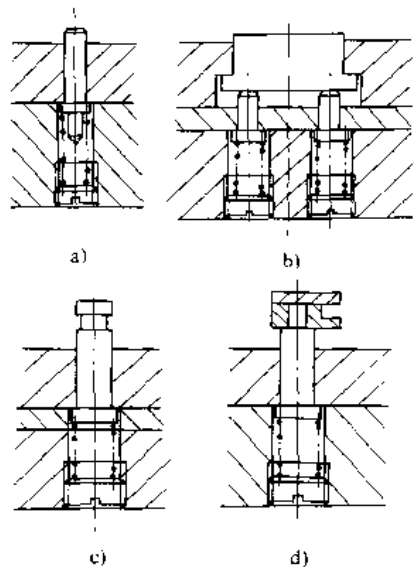


图 5-2-30 顶料装置

a) 顶料销直接顶料 b) 顶料销不直接接触料
c) 顶料销直接顶料导料 d) 顶料销间接顶料导料

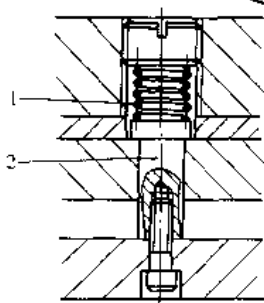


图 5-2-28 卸料弹簧的安装

1—弹簧 2—卸料销

序级进冲模上成熟的应用 (图 5-2-29)。

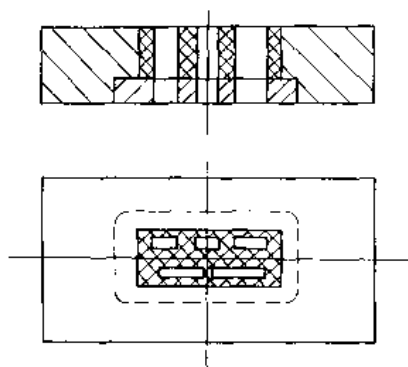


图 5-2-29 用环氧浇注的导向卸料板

5. 顶料装置 顶料装置保证条料的顺利送进, 不会卡入凹模。

图 5-2-30a, b 示顶料装置, 图 c, d 为具有导向功能的顶料导向装置。

6. 防粘结构 为防止废料粘住凸模端面带出凹模, 用压缩空气通过气孔吹落冲件、用真空泵从凹模下面吸引, 也可用推杆从凸模内部将件推出 (图 5-2-31)。

7. 安全装置 在高速冲床上使用的多工位级进

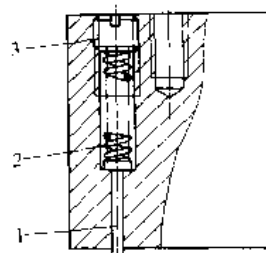


图 5-2-31 装有推杆的凸模

1—推杆 2—弹簧 3—螺塞

冲模都需设有安全装置。其常用结构如图 5-2-32。送料有异常时, 探测销不能伸入探测孔, 被迫上行从而使横杆横向移动至触动微动开关, 压力机自动停车, 避免机床与模具的损坏。

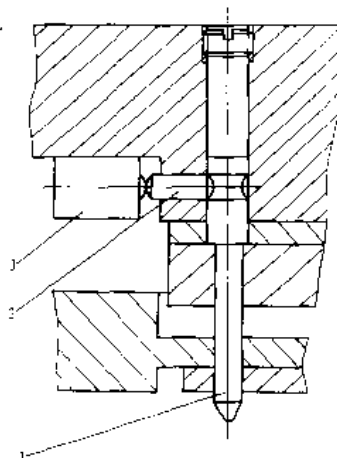


图 5-2-32 安全装置

1—探测销 2—横杆 3—微动开关



8. 第一工位挡料结构 多工位级进冲模的第一工位挡料结构有其特色,即能设置在任意需要的地点推出挡料销。在图 5·2-33 中的主要零件是挡料销和滑板。不需限位时,挡料销低于下模平面,需要时可推动滑板,通过前端斜面,使挡料销伸出下模平面实现挡料。

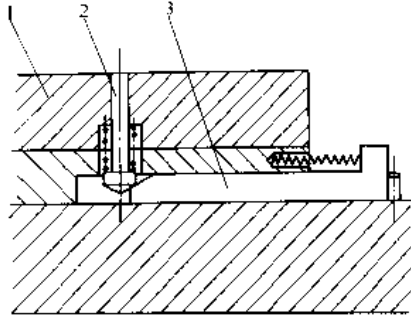


图 5·2-33 第一工位挡料结构
1—下模 2—挡料销 3—滑板

9. 凸模高度调整结构 图 5·2-34 示凸模高度调整结构。凸模的上端面,与滑块接触。滑块右端开有 T 形槽,容纳螺钉的头部。转动螺钉,则滑块随之移动。由于滑块与上模座以斜面相互接触,而凸模在固定板内是滑动配合,因之凸模在合模方向的位置得以调整,调整后用螺母紧定。

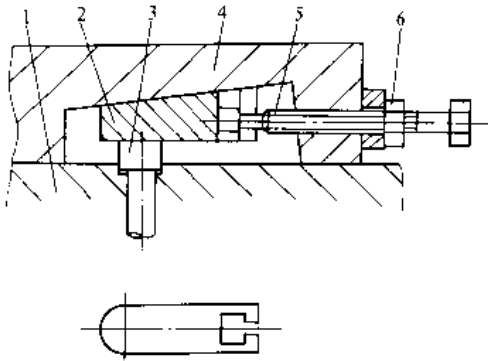


图 5·2-34 凸模高度调整结构
1—固定板 2—滑块 3—凸模 4—上模座
5—螺钉 6—螺母

10. 弯曲模的间隙调整装置 图 5·2-35 示弯曲模的间隙调整装置。在下模上开有长方形孔,其一端带有 6°斜度。调整块安装在长方形孔内,相应的面也有 6°斜度。调整杆头部是一个偏心圆柱体。调整杆旋转,偏心圆柱体带动调整块上、下滑动,由于有 6°斜度,造成间隙变化,调整后用螺母锁紧调整杆。

11. 斜楔滑块装置 斜楔滑块装置(图 5·2-36)的主要作用是把压力机的垂直向下运动,通过斜楔驱动器使装在模具上的滑块产生水平方向的运动,形成级

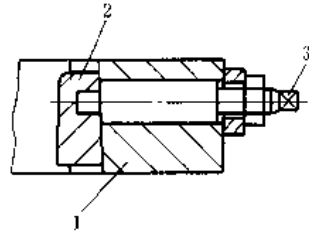


图 5·2-35 弯曲模的间隙调整装置
1—下模 2—调整块 3—调整杆

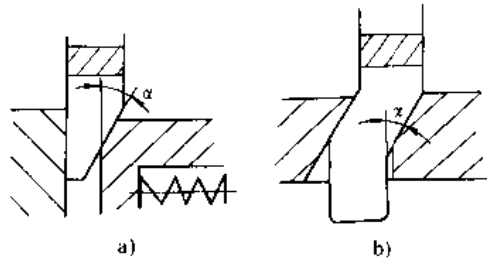


图 5·2-36 斜楔滑块装置
a) 单动式 b) 双动式

进模的浮动抽芯部件、横向冲孔部件、弯曲成形部件,或冲件出件部件。

斜楔驱动器的驱动角一般是与垂线成 40°~50°。

单动式斜楔驱动滑块,由弹簧使滑块复位。其缺点是弹簧失效,会造成机构失灵。

双动式斜楔一般用于冲件成形后,凸凹模之间具有一定的卡住力及要求滑块往返位置正确的模具。缺点是斜楔较长。

12. 倒冲机构 倒冲机构是利用压力机(冲床)的向下行程使工作凸模向上运动,主要用于冲件在上、下二个方向均需成形的情况,例如向上翻边、向上弯曲。

图 5·2-37 是倒冲机构工作图,半圆形杠杆旋转推动凸模向上,半圆形杠杆复位依靠拉簧。

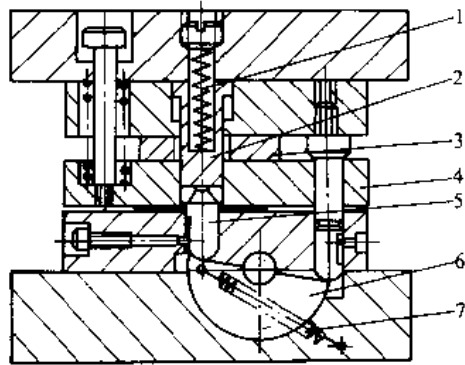


图 5·2-37 倒冲机构
1—弹簧 2—顶件器 3—限位块 4—凹模 5—凸模
6—半圆形杠杆 7—拉簧



3.5 硬质合金模具的结构特点

3.5.1 硬质合金冲模与钢冲模的比较

设计硬质合金冲模的基本原则和钢冲模一样,但模座、凸模及凹模固定板等要求强度及刚度更高。硬质合金属脆性材料,冲床精度不高将产生啃咬而崩刃,所以使用硬质合金模具的冲床精度要高。也可以改变模具结构,如采用浮动模柄和浮动冲模来弥补冲床精度的不足(表5-2-37)。

表 5-2-37 硬质合金对模具结构的要求

类别	要求
尺寸精度	设计模具时提高尺寸精度
模具刚性	提高模具的刚性,如加厚模座
导板结构	卸料板的精度要高,使能起导板的作用
刃口间隙	适当增大(15%~20%)

表 5-2-38 示两种模具费用及寿命的比较。

表 5-2-38 硬质合金冲模与钢冲模费用及寿命的比较

项目	内容
制造费用	平均为钢冲模的 2~4 倍
总寿命	为钢冲模的 20~40 倍
刃磨一次寿命	为钢冲模的 10~30 倍
其他	刃磨工时增加,但由于刃磨次数减少,所以仍能节省重磨工作量

3.5.2 硬质合金块的固定方法

硬质合金块的固定方法主要有以下四种。

(1) 焊接固定法(图 5-2-38)。这种方法结构简单,操作方便。然而,对于承受载荷大、焊接面积大、焊层将承受剪断载荷的场合,应区别情况,避免采用。

(2) 用螺钉及斜楔机械固定法(图 5-2-39)。这种方法可靠,目前应用得较为广泛。

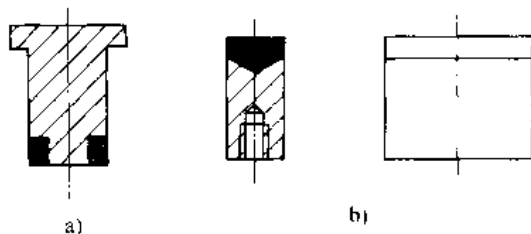


图 5-2-38 焊接固定法

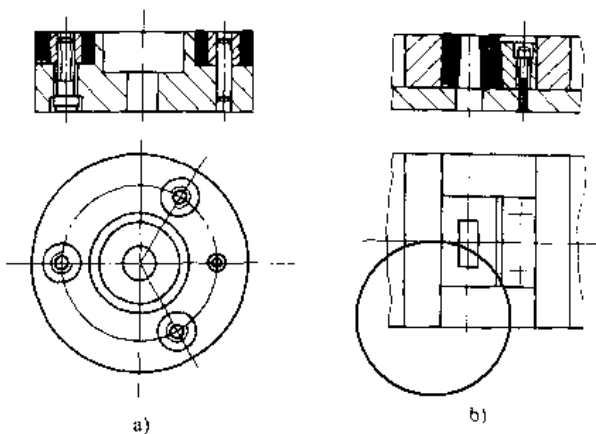


图 5-2-39 用螺钉及斜楔机械固定法

(3) 热套(或冷压)固定法(图 5-2-40)。适用于工作时承受强烈载荷的模具。

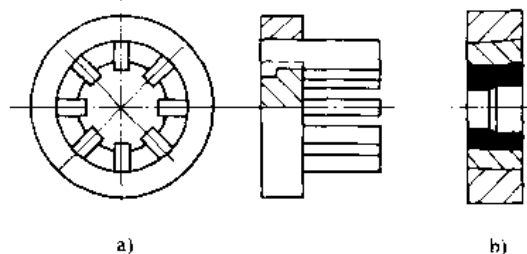


图 5-2-40 热套(或冷压)固定法

(4) 粘结固定法。用环氧树脂或厌氧胶等粘剂的粘结固定法见图 5-2-41。

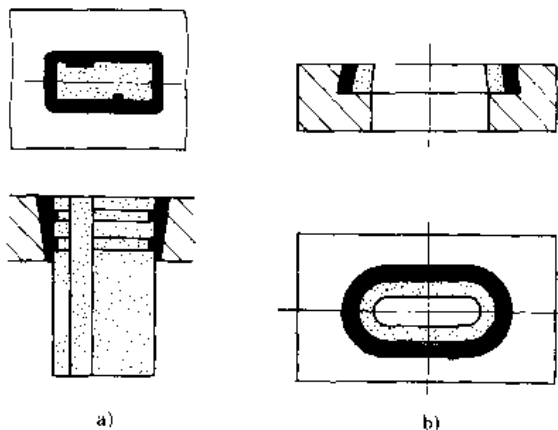


图 5-2-41 粘结固定法



以上四种固定法,在一副模具上有时只用一种,有时二种方法并用,具体需根据硬质合金块的形状合理的选择应用。

3·5·3 拼块与整体结构

近年来随着电加工及磨削技术的发展,使硬质合金的加工变得更容易,加工精度更高。因此过去由于制造的原因必须采用拼块结构的模具,现在可改为整体

结构。然而,在设计大型硬质合金模具时,因为硬质合金块越大,价格越高,故还是采用拼块结构为好。

3·5·4 定、转子硬质合金级进模实例

定、转子冲件如图 5·2-42 所示。精度 0.02mm。且定、转子正反方向必须互换,转子冲片的 12 个槽能任意互换。

模具总寿命 1 亿次,一次刃磨寿命 100 万次以上,

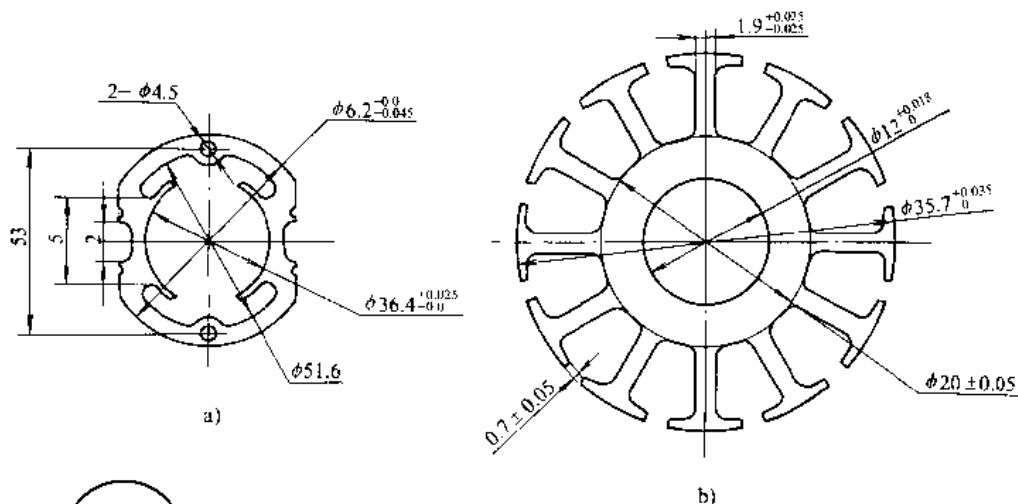


图 5·2-42 定、转子冲件
a) 定子 b) 转子

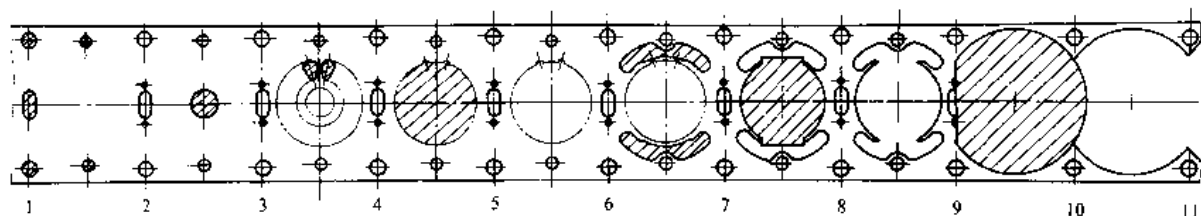


图 5·2-13 排样图

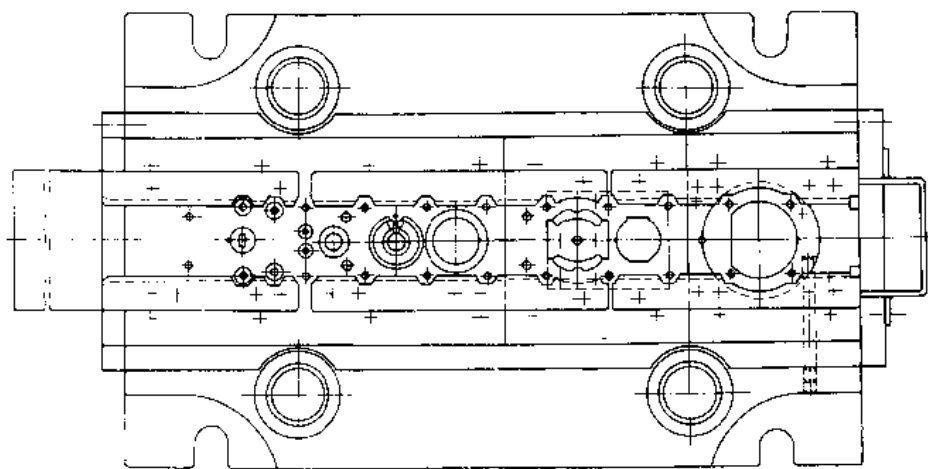


图 5·2-44 定、转子硬质合金级进模下模平面图



适用于高速冲压。对于薄弱小硬质合金凸、凹模拼块必须互换以便于维修调换。由于该模具是用来冲制形状复杂的硅钢片,容易引起崩刃,故模具工作部分材料选用 YG20C 粗颗粒硬质合金。为节省贵重的硬质合金,凹模采用拼块结构。为便于使用维修,凸模采用压板机械固定方式。为保证精度与寿命,模具工作部分精度为 0.005mm, 12 拼块槽形经精密成形磨削,达到完全互换。图 5·2-43~图 5·2-45 示排样图与模具结构图。

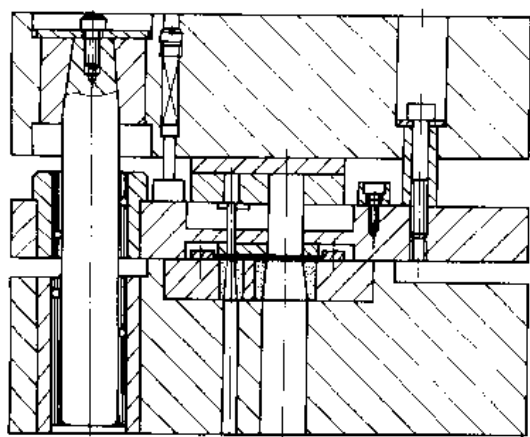


图 5·2-45 模具装配图

3·6 冲件质量分析

表 5·2-39 示多工序级进冲模的冲件质量分析。目前由于重视对级进模结构的研究和模具零件精密加工技术的进步,有条件制造出能保证冲件质量并正常地稳定地进行高速冲压的模具,从而使级进模日趋发展。

表 5·2-39 多工序级进冲模冲件的质量分析

序号	缺陷	消除方法
1	冲件粘着在卸料板	在卸料板上装置弹性卸料钉
2	冲孔废料粘住冲头端面	采取防止废料上粘的各种措施
3	毛刺	模具工作部分材料用硬质合金
4	印痕	调节弹簧力
5	小冲头易断	小冲头固定部分采用镶套,采用更换小冲头方便的结构
6	卸料板倾斜	卸料螺钉采用套管及内六角螺钉相结合的形式
7	凹模涨碎	严格按斜度要求加工
8	工件成形部分尺寸偏差	修正上、下模,修正送料步距精度
9	孔变形	模具上有修正孔的工位
10	拉深工件发生问题	增加一些后次拉深的加工工位和空位
11	每批零件间的误差	对每批材料进行随机检查并加以区分后再用

4 冲模工作零件的材料选用与热处理要求

凸模、凹模、凸凹模常用材料及热处理要求列于表 5·2-40。

表 5·2-40 冲模工作零件用料及热处理要求

模具类型	凸模、凹模、凸凹模使用条件	选 用 材 料	热处理 (硬度) HRC
冲裁模	冲件厚度 $t \leq 3\text{mm}$, 形状简单, 批量中等	T10A (9Mn2V)	凸模 58~60 凹模 60~62
	冲件厚度 $t \leq 3\text{mm}$ 形状复杂或冲件厚度 $t > 3\text{mm}$	CrWMn, Cr12 Cr12MoV, GCr15	凸模 58~60 凹模 62~62
	要求寿命长	W18Cr4V, 12Cr4W2MoV W6Mo5Cr4V2	凸模 60~62 凹模 61~63
		GW50	69~72
		YG15, YG20	
加热冲裁		3Cr2W8, 5CrNiMo	凸模 48~52
		6Cr4Mo3Ni2WV (CG-2)	凹模 51~53



(续)

模具类型	凸模、凹模、凸凹模使用条件	选 用 材 料	热处理(硬度) HRC
弯曲模	一般弯曲	T10A	56~60
	形状复杂,高耐磨性	Cr12, Cr12MoV CrWMn	58~62
	要求寿命特长	GW50	64~66
		YG10, YG15	
加热弯曲	5CrNiMo 5CrNiTi	52~56	
拉深模	一般拉深的凸模和凹模	T10A	凸模 58~62 凹模 60~64
	多工序拉深级进模的凸模和凹模	Cr12 Cr12MoV	凸模 58~62 凹模 60~64
	要求耐磨的凹模	Cr12, Cr12MoV	凹模 62~64
		YG10, YG15	
	冲压不锈钢材料用的拉深凸模	W18Cr4V	凸模 62~64
	冲压不锈钢材料用的拉深凹模	YG8, YG15	
材料拉深时加热,凸模和凹模	5CrNiMo 5CrNiTi	52~56	
大型拉伸模	中小批量生产	QT600-3	197~269HB
	大批量生产	镍铬铸铁 钨铬铸铁 钨钒铸铁	40~45 55~60 50~55

第3章 塑料模^{[6]~[8]}

1 塑料模的分类、特点与用途

塑料模的分类、特点与用途参见本篇第1章节。本章仅对注射模、压缩模和传递模加以叙述。

2 注射模的结构形式与设计

2.1 热塑性塑料注射模的结构形式与设计

2.1.1 热塑性塑料注射模的结构形式

图 5-3-1 为热塑性塑料注射模的基本结构形式。

分型面将模具分成动模和定模两部分。

定模部分的定位圈 1 与注射机固定工作台定位孔配合作定位,用压板将定模部分装夹于注射机。浇口套 18 内设主流道,一端与注射机喷嘴接触,另一端与分流道、浇口连接组成浇注系统。

动模部分固定于注射机活动工作台上。随注射机的移动而进行合模或开模。动模部分设有推出塑件用的顶出机构、复位杆和将凝料从浇口套中拉出的拉料杆等。

导柱、导套用于合模时动、定模的对准。

图 5-3-2 为具有两个分型面的注射模。注射完成

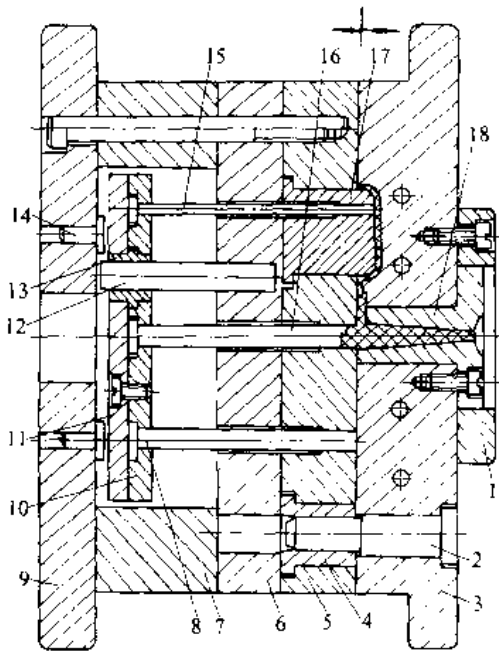


图 5-3-1 注射模基本结构形式

- 1—定位圈 2—导柱 3—定模座板 4—导套 5—凸模
 固定板 6—垫板 7—垫块 8—复位杆 9—动模座板
 10—推杆固定板 11—推板 12—推板导柱 13—推
 板导套 14—限位钉 15—推杆 16—钩形拉料杆
 17—凸模 18—浇口套

开模时,由弹簧 3 先使 I 分型, I 分型形成空间是为了取出点浇口凝料,分型距离由定距拉杆 2 控制。继续开模,塑件分型面 II 分开。

塑件有内凹割,因此模具设有内抽芯机构。动作是推杆 6 推动滑块型芯 5,使其从塑件凹割中抽出并推出塑件,杆 4 用于滑块型芯的复位。

图 5-3-3 为有三个分型面的多点浇口的注射模,先分型面 I 分开,由拉料杆 2 的作用使浇注系统凝料脱离塑件,然后分型面 II 分开,使拉料杆 2 脱离凝料,此时凝料即自行落下。分型距离分别由定距拉杆 3、4 控制。然后动、定模的塑件分型面 III 分开,由推板 5 顶出塑件,塑件较深,为便于顶出塑件而设有阀杆 1 作排气用。

图 5-3-4 为垂直塑件分型面的注射模。为塑件脱模将型腔做成对合形式,对合的面即为塑件分型面。顶出时,推板带动推杆 2 (与型腔块 3 铰接) 将型腔块 3 沿着由型腔套板 4 与镶块 1 形成的斜槽内移动,使型腔块推出并分型而脱出塑件。推板的复位由弹簧 5 完成。

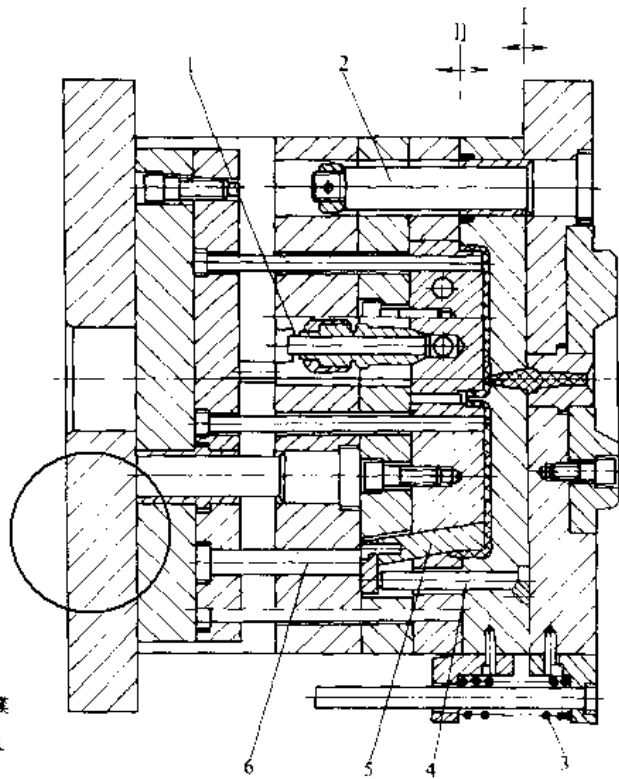


图 5-3-2 两个分型面的注射模

- 1—水管 2—定距拉杆 3—弹簧 4—杆
 5—滑块型芯 6—推杆

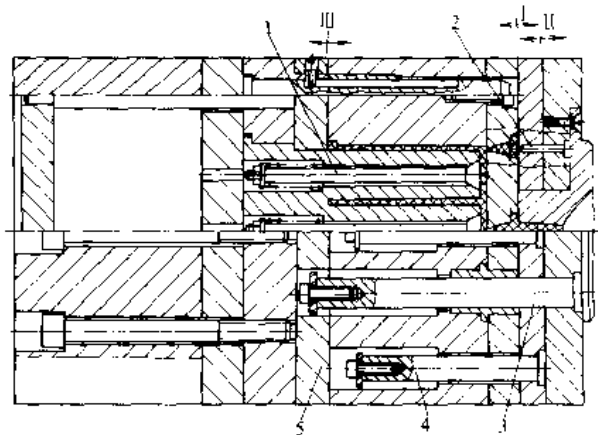


图 5-3-3 三个分型面的注射模

- 1—阀杆 2—拉料杆 3—定距拉杆 4—定距拉杆
 5—推板



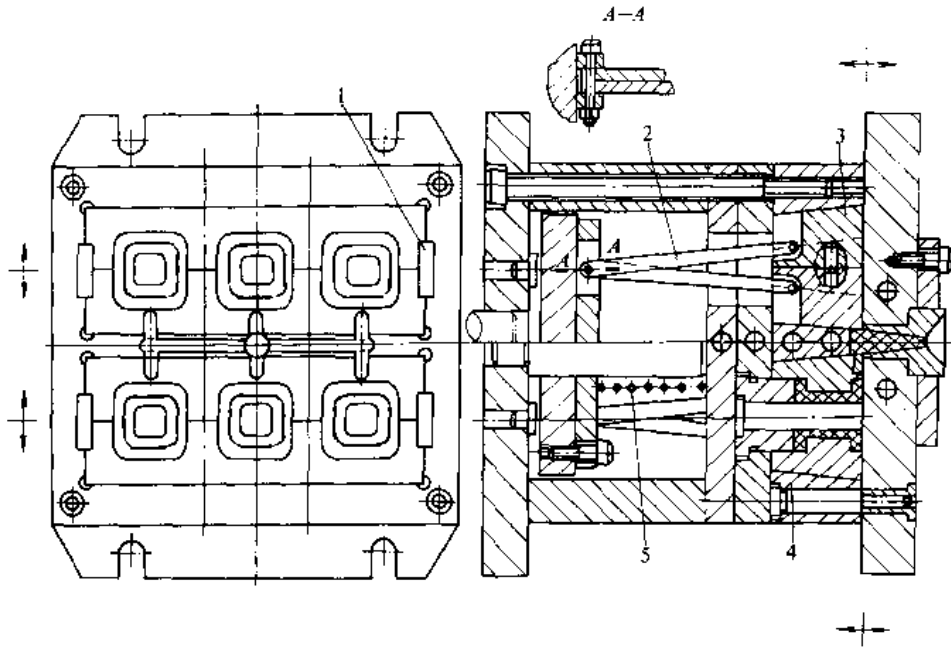


图 5-3-4 垂直塑件分型面的注射模

1—镶块 2—推杆 3—型腔块 4—型腔套板 5—弹簧

2.1.2 热塑性塑料注射模的设计

1. 设计步骤 根据塑件图提供的形状、尺寸、材料、技术要求以及对模具型腔数的要求,计算塑件重量和一次注射所需注射总量、塑件分布在模具上的总投影面积、所需锁模力,初步估计模具的外形尺寸。然后选择注射机规格,使机床的额定注射量、额定锁模力、安装尺寸、开模距离等符合要求。注射机确定后即可得到与模具设计有关的参数,如定位圈直径、喷嘴直径、喷嘴球面半径、顶出杆参数等。

在确定模具具体结构时,要考虑能获得塑件所需形状、尺寸精度和表面要求,要考虑使塑件的二次加工减少,要考虑成型效率高、使用可靠,要考虑保证生产量的耐用性和制造成本。

2. 注射机的选择 选择注射机一般应考虑以下几点。

(1) 额定注射量 C 。用下式核算。

$$C \geq 1.25m \quad (\text{g})$$

式中 m ——成型塑件及浇注系统所需塑料的量 (g)。

(2) 额定锁模力 F_s 。核算锁模力为了保证合模可靠,防止注射时塑料从分型面间溢出。用下式核算。

$$F_s \geq p_s A \quad (\text{N})$$

式中 p_s ——腔内压力,一般取 40~50MPa;

A ——塑件和浇注系统的总投影面积 (cm^2)。

(3) 模具厚度与注射机的关系。模具厚度与注射

机的关系见图 5-3-5。用下式核算

$$H_{\min} \leq H \leq H_{\max}$$

$$H_{\max} - H_{\min} = l \quad (\text{mm})$$

式中 H_{\min} ——注射机最小开距 (mm);

H ——模具厚度 (mm);

H_{\max} ——注射机最大开距 (mm);

l ——注射机螺杆可调长度 (mm)。

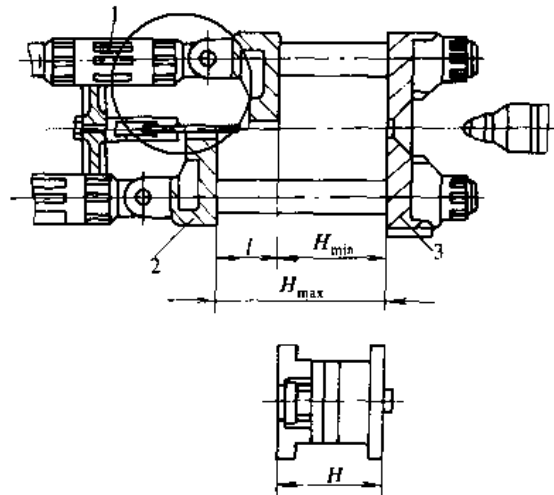


图 5-3-5 注射机的开距

1—调节螺母 2—移动工作台 3—固定工作台

(4) 开模行程与模具的关系 (图 5-3-6a)。用下式

核算

$$S \geq H_1 + H_2 + (5 \sim 10) \quad (\text{mm})$$

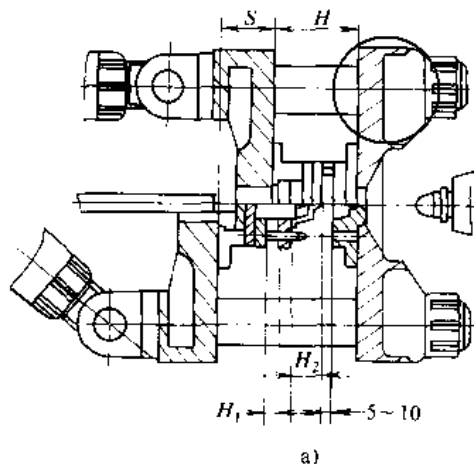
式中 S ——开模行程 (mm);



H_1 ——脱模距离 (mm);
 H_2 ——塑件高度 (mm);

开模行程与点浇口模具的关系见图 5-3-6b。用下式核算:

$$S \geq H_1 + H_2 + a + (5 \sim 10) \text{ (mm)}$$



式中 S ——开模行程 (mm);
 H_1 ——脱模距离 (mm);
 H_2 ——塑件高度 (mm);
 a ——取出浇口凝料需要的分型距离 (mm)。

3. 塑件分型面选择 根据塑件形状, 塑件分型面

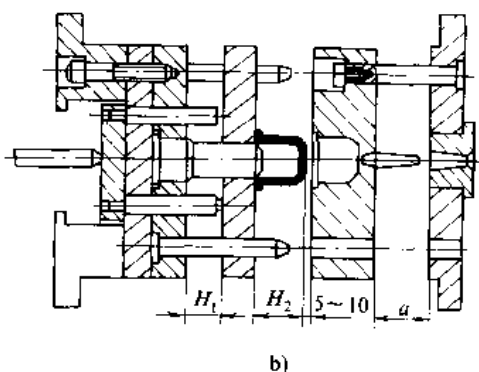


图 5-3-6 开模行程与模具的关系

有平面、斜面、曲面和台阶形等。塑件分型面决定了模具的基本结构和飞边产生的位置。决定塑件分型面应注意:

- (1) 设在不注目的位置、不致影响外观;
- (2) 有利于脱模和抽芯;
- (3) 有利于排气;
- (4) 要考虑进料口的位置和形状;
- (5) 成型操作方便、效率高;
- (6) 模具制造容易。

4. 浇注系统设计 浇注系统如图 5-3-7 所示, 由

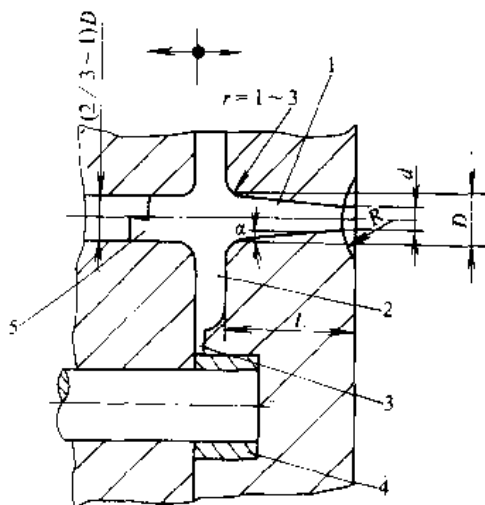


图 5-3-7 浇注系统组成

1—主流道 2—分流道 3—浇口 4—塑件 5—冷料穴

主流道 1、分流道 2、浇口 3 组成。冷料穴 5 为容纳喷嘴最先射出的冷料用。

a. 确定浇注系统注意事项

- (1) 浇口位置将残留切断痕迹, 因此浇口要设在不影响塑件外观质量的地方;
- (2) 浇注系统应适应塑料的成型特性, 以保证成型周期和塑件质量;

(3) 应根据型腔数的多少和布局确定;

(4) 应根据成型塑件的形状和尺寸确定;

(5) 要考虑注射机的安装尺寸, 防止单边安装;

(6) 要考虑材料的节约, 尽量缩短流程。

b. 主流道设计 主流道的有关尺寸见图 5-3-7。

(1) d ——注射机喷嘴孔直径 $(0.5 \sim 1) \text{mm}$;

(2) $\alpha = 2^\circ \sim 4^\circ$ (对流动性差的塑料等也有取 $3^\circ \sim 6^\circ$);

(3) $R = \text{注射机喷嘴球面半径} + (2 \sim 3) \text{mm}$;

(4) L 应尽量短。 L 值大, 塑料降温过多, 损耗大, 一般不超过 60mm。

c. 分流道设计 分流道的横断面形状有如图 5-3-8 所示几种。圆形和梯形是良好的, 最常用的是梯形。

圆形分流道直径 d 一般取 $5 \sim 10 \text{mm}$, $< 5 \text{mm}$ 时则料温降低而易于产生压力降, 但对于小件也有使用 $3 \sim 4 \text{mm}$ 的。 d 过大则塑料与模具的接触面大而引起温度调节问题、材料消耗大、成型周期延长。

梯形分流道便于制造, 可设在分型面的任意一面,



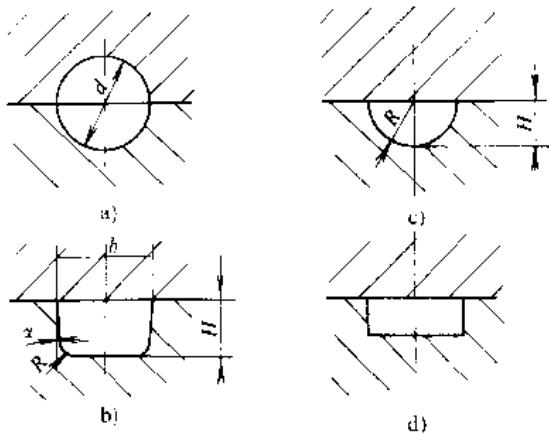


图 5-3-8 分流道横断面形状

与圆形相比,在相同断面积的情况下,塑料与模具的接

触面大,是个缺点。流道宽 b 取 $(2/3 \sim 1) D$ (D 为主流道大端直径,见图 5-3-8),深度 H ,对于中小型塑件取 $2.5 \sim 5\text{mm}$,大型塑件取 $5 \sim 8\text{mm}$ 。 α 取 $5^\circ \sim 10^\circ$ 。

半圆形和矩形分流道因缺点多,不推荐使用。

d. 浇口设计 浇口有两大类:

(1) 非限制浇口——又称直接浇口,主流道直接与型腔连接,无分流道。

(2) 限制浇口——分流道与塑料间设一小段横断面很小的进口。熔融塑料通过狭窄的浇口时,流速增高,料温也因摩擦而增高,有利于填充。冷却时,浇口部分首先固化而封闭,型腔内的塑料即可在无应力状态下自由收缩固化成型,因而塑件残余应力小。

浇口的形式很多,除直接浇口外,常用的浇口形式列于表 5-3-1。

表 5-3-1 常用浇口形式

浇口形式	简 图	说 明
侧浇口		适用于成型各种形状塑件,一模多腔为常用形式 $H = (0.7 \sim 1)t$ (薄壁塑件) 或 $H = (1/3 \sim 2/3)t$ (一般塑件) $L = 0.7 \sim 2\text{mm}$ $c = (5 \sim 10)H$ (中、小型塑件) 或 $c > 10H$ (大型塑件)
点浇口		为常用形式。适用于各种塑料的壳、盒类塑件,单型腔和多型腔 型式 a $l = 1 \sim 2\text{mm}$; $\alpha = 6^\circ \sim 15^\circ$ $d = 0.5 \sim 1.5\text{mm}$ 型式 b $l = 1 \sim 2\text{mm}$; $R = 1.5 \sim 3\text{mm}$ $d = 0.5 \sim 1.5\text{mm}$ 为防止去除浇口损坏塑件表面,在浇口与塑料连接处设 $(0.5 \sim 1) \times 45^\circ$ 倒角
潜伏浇口		是将浇口位置设在塑件外侧面(图 a)或内侧面(图 b)的一种点浇口的特殊形式 在塑件脱模时,浇口能自动切断 浇口直径取 $2 \sim 2.5\text{mm}$



此外,还有扇形浇口、薄膜浇口、环形浇口、盘形浇口、阻尼式浇口等多种。

浇口位置对塑件质量有直接影响,确定位置时应考虑:

- (1) 尽量减少塑料流动的能量损失;
- (2) 有利于排气;
- (3) 避免造成收缩变形和产生熔接痕;
- (4) 避免塑料直接冲击型芯或嵌件。

5. 成型零件设计 直接成型塑件的成型零件有凹模、凸模、型芯、镶块、螺纹成型杆、螺纹型环等。

a. 凸模 凸模是形成塑件内部形状的成型零件。通常安装在动模部分,固定在动模板上。图5·3-9为凸模固定在动模板上的两种常用形式。

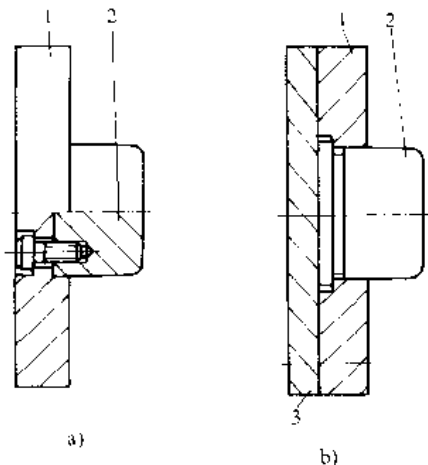


图5·3-9 凸模的固定

1—动模板 2—凸模 3—动模垫板

凸模有整体的,也有考虑制造方便而做成镶拼的。凸模上往往设有顶出塑件的推杆孔,大型凸模还需设置通冷却水的孔或槽。

b. 凹模 凹模的型腔用以形成塑件的外形,通常设在定模板内,方法如图5·3-10所示。有时将型腔直接做在定模板内,或另用镶件组成(图5·3-11)。

c. 型芯 塑料模中常常需要设置很多的小型芯,小型芯常用的固定方法如图5·3-12。

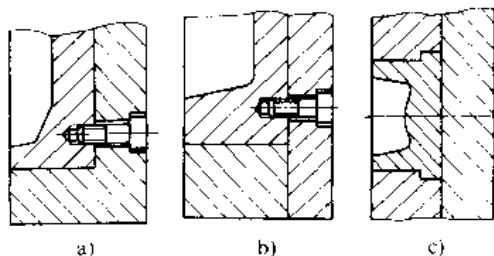


图5·3-10 凹模镶入定模板

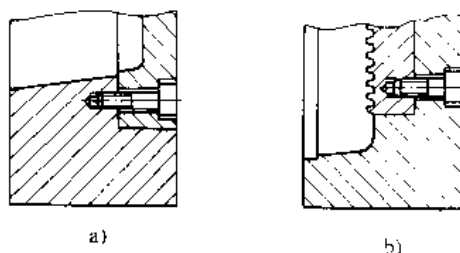


图5·3-11 定模板局部镶拼成型腔

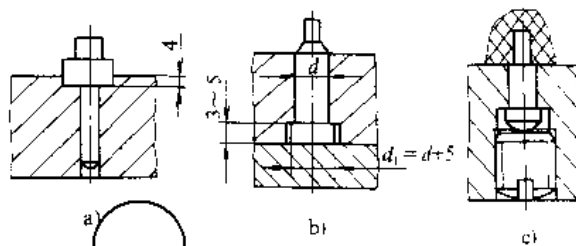


图5·3-12 小型芯的固定方法

d. 螺纹成型杆和螺纹型环 塑件上的内、外螺纹,如果不是采用自动脱螺纹机构脱模,或者外螺纹不是采用对合的型腔成型,则可采用螺纹成型杆或螺纹型环成型,成型后型杆与型环随塑件脱出,然后旋出型杆或型环。

塑件常用自攻螺钉装配,因此塑件上只需成型螺纹的底孔,简化了模具结构,螺纹底孔直径参照表5·3-2。

表5·3-2 自攻螺孔的底孔直径(mm)

螺孔直径	M4	M3	M2.5
底孔直径	3.4	2.6	2.1

e. 脱模斜度 为保证塑件的顺利脱模,凸模、凹模、型芯等必需在脱模方向设有脱模斜度。表5·3-3列出了对各种塑件材料的脱模斜度要求。

表5·3-3 脱模斜度

塑件材料	脱模斜度
聚乙烯、聚丙烯、软聚氯乙烯	30'~1°
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯聚合物(ABS)、尼龙、聚甲醛、氯化聚酯、聚苯醚	40'~1°30'
硬聚氯乙烯、聚碳酸酯、聚砜	50'~2°

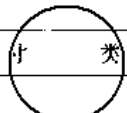
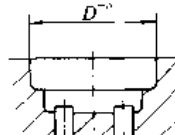
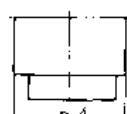
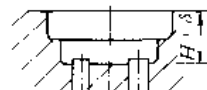

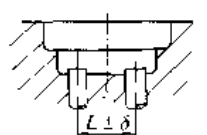
f. 成型尺寸计算 成型塑件的型芯、型腔尺寸,应根据塑件相应尺寸的允许偏差和塑件的收缩进行计算(表5·3-4)。

各种塑料的收缩率见表5·3-5。



表 5·3-4 成型尺寸计算

(mm)

塑件尺寸	示意图	模具成型尺寸计算公式
 塑件为外形尺寸 $d^{-\Delta}$ 的模具型腔尺寸 $D^{+\delta}$		$D^{+\delta} = [d(1+K) - x\Delta]^{+\delta}$
塑件为内孔尺寸 $d_1^{+\Delta}$ 的模具型芯尺寸 $D_1^{-\delta}$		$D_1^{-\delta} = [d_1(1+K) + x\Delta]^{-\delta}$
塑件为高度尺寸 $h^{-\Delta}$ 的模具尺寸 $H^{+\delta}$		$H^{+\delta} = [h(1+K) - \frac{\Delta}{2}]^{+\delta}$
塑件为台阶尺寸 $h_1^{+\Delta}$ 的模具尺寸 $H_1^{-\delta}$		$H_1^{-\delta} = [h_1(1+K)]^{-\delta}$
塑件为中心距尺寸 $l^{\pm\Delta}$ 的模具尺寸 $L^{\pm\delta}$		$L^{\pm\delta} = [l(1+K)]^{\pm\delta}$

表中: Δ —塑件公差; δ —模具公差; K —塑件平均收缩率; x —系数,一般为 $1/2 \sim 3/4$;

表 5·3-5 各种塑料的成型收缩率

(%)

塑料	收缩率	塑料	收缩率	塑料	收缩率
聚苯乙烯	0.5~0.8	软聚氯乙烯	1.5~2.5	有机玻璃(372)	0.5~0.9
ABS	0.3~0.8	硬聚氯乙烯	0.6~1.5	聚碳酸酯	0.5~0.8
聚丙烯	1.4~2.6	低压聚乙烯	1.5~3.6	聚苯醚	0.5~1.0
尼龙(1010)	1.0~2.5	聚甲醛	1.0~2.2	聚砜	0.4~0.8

6. 结构零件设计

a. 导柱与导套 图 5·3-13 为动、定模导向用的导柱、导套常用形式。图 5·3-14 为顶出机构用导柱、导套。

b. 定位圈与浇口套 定位圈用于模具与机床定位,浇口套用于设主流道,有时两者可结合成一体。常用形式如图 5·3-15 所示。

c. 顶出机构 塑件的顶出可采用推杆顶出、推管顶出和推板顶出

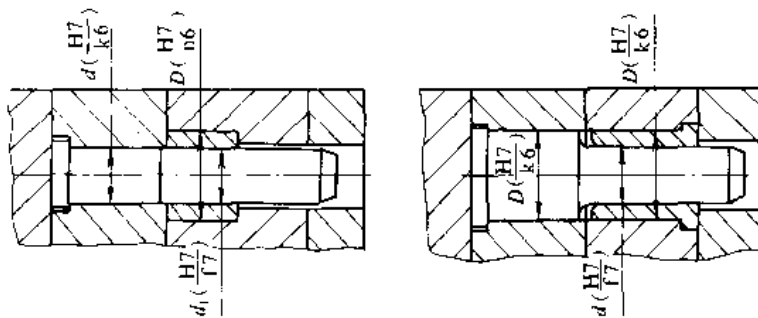


图 5·3-13 动、定模用导柱、导套



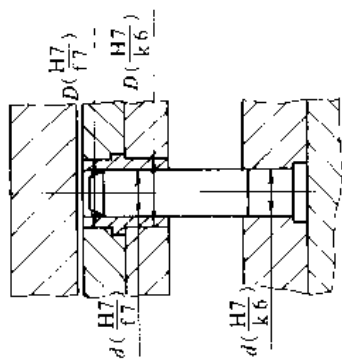


图 5-3-14 顶出机构用导柱、导套

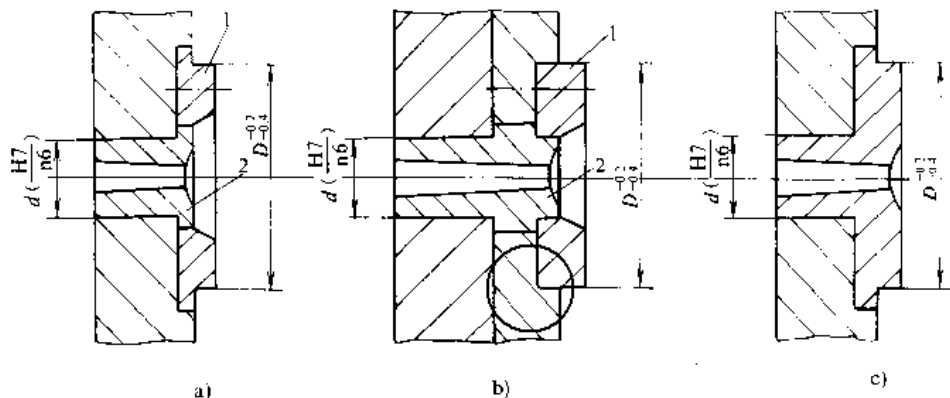


图 5-3-15 定位图与浇口套

1—定位圈 2—浇口套

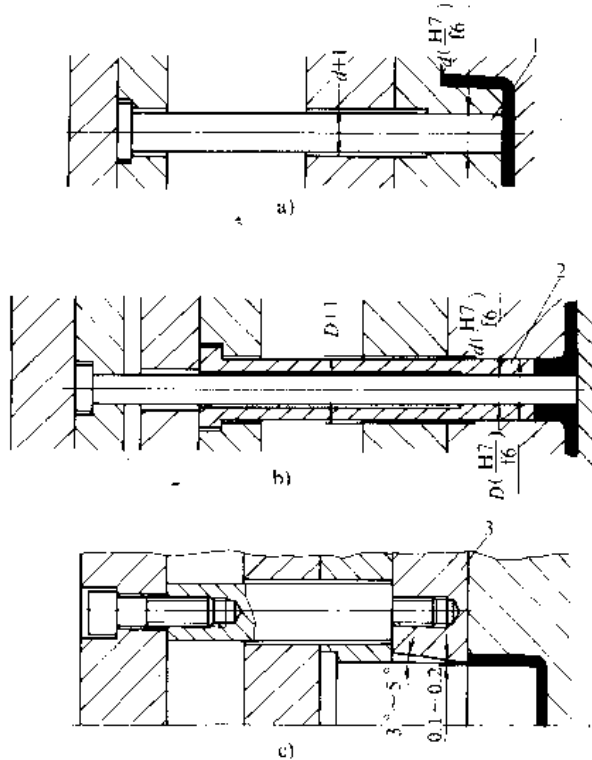


图 5-3-16 顶出机构

1—推杆 2—推管 3—推板

等，也可以联合使用。

推杆顶出的组合形式如图 5-3-16a 所示，推杆多数为圆形，如果设在塑件壁厚部位时采用矩形。推管顶出的组合形式如图 5-3-16b 所示。推板顶出的组合形式如图 5-3-16c 所示，常用于盒类件的顶出。

一次顶出动作不能使塑件脱模时，可使用二次顶出机构。二次顶出机构形式很多，图 5-3-17 列举几种形式。

图 5-3-17 中 a) 为利用拉钩实现两次顶出的机构形式，b) 为利用杠杆实现两次顶出的形式，c) 为利用滑动垫块实现两次顶出的形式。

d. 凹割脱模机构 塑件上有凹割时，一般除了内凹割深度 $< 0.5\text{mm}$ 可以采用强行脱模外，可采用脱模机构。凹割脱模机构形式很多。图 5-3-18 列举几种内凹割脱模机构，图 5-3-19 列举几种外凹割脱模机构。

图 5-3-18a 是利用斜滑块顶出时的内移而脱模的形式，b 是利用动模的定距分型进行抽芯而脱模的形式，c 是利用动、定模分型时的斜销抽芯而脱模的形式。

图 5-3-19a 为利用顶出时摆杆的摆动而脱模的形式，图 b 为利用斜滑块顶出时的外移而脱模的形式，图 c 为利用动、定模分型时的斜销抽芯而脱模的形式。

e. 斜销抽芯设计 凹割或侧面孔的脱模常用斜销抽芯，结构形式如图 5-3-20 所示。

斜销角度 α 一般不大于 25° ，常用 $15^\circ \sim 20^\circ$ 。楔紧块角度取 $\alpha + (2^\circ \sim 3^\circ)$ ，使在开模时楔紧面的分开先于抽芯。

斜销工作长度与滑块型芯抽出距离、所需开模行程之间的关系 (图 5-3-20) 用下式计算

$$L = S / \sin \alpha - H / \cos \alpha \quad (\text{mm})$$

式中 L ——抽芯距为 S 时所需斜销工作长度 (mm)；
 S ——抽芯距离 (mm)；
 α ——斜销角度 ($^\circ$)；

模具公司制作请尊重版权



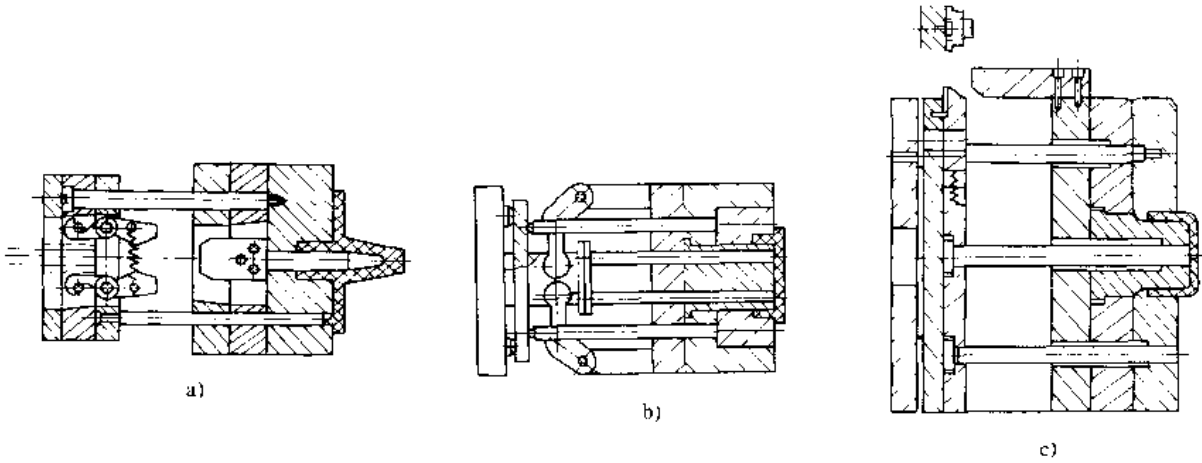


图 5-3-17 二次顶出机构

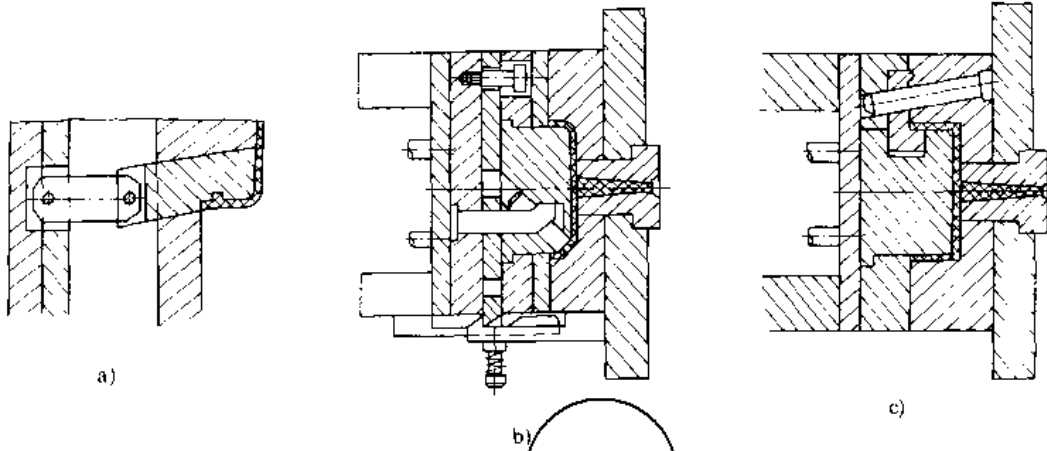


图 5-3-18 内螺纹脱模机构

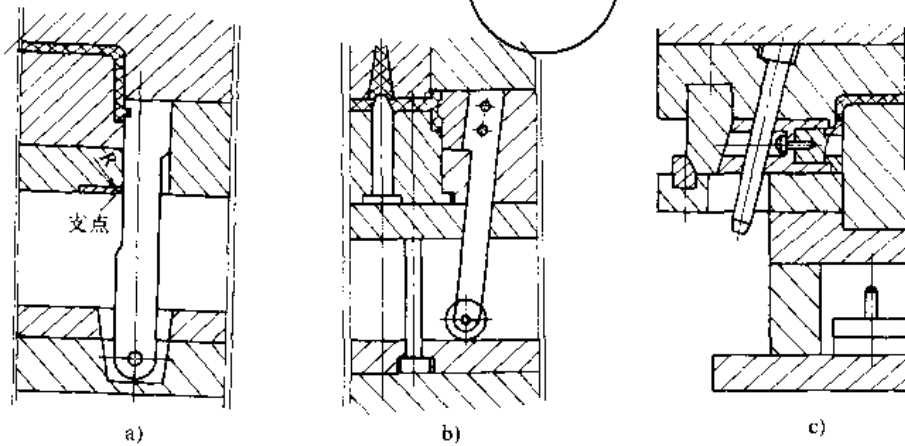


图 5-3-19 外螺纹脱模机构

H —— 抽芯距为 S 时所需开模行程 (mm)。

根据塑件形状, 抽芯方向也可与分型面成一角度。

f. 螺纹脱模机构 带螺纹的塑件的自动脱模机构形式很多。图 5-3-21 列举几种结构形式 (采用点浇口)。

图 a 为塑件内部平面上设防止滑动的止转槽 1, 轴 2 下部螺纹的螺距与塑件螺距相等, 轴 2 转动并上升时将塑件脱出。图 b 止转槽 1 设在塑件内侧面, 轴 2

仅作回转, 回转时塑件从螺纹型腔中旋出并用推杆 3 顶出塑件。图 c 为止转槽 1 设在塑件端面, 轴 2 转动和推杆 3、推板 4 顶出时脱出塑件。

轴的驱动有图 5-3-22 所示的方式。

图 a 为用两组齿条、齿轮驱动, 图 b 为用齿条、齿轮和伞齿轮驱动, 图 c 为用液压缸、齿条内轮驱动, 图 d 为用电动机、蜗轮蜗杆驱动。

g. 复位机构 使顶出机构复位的机构称复位机



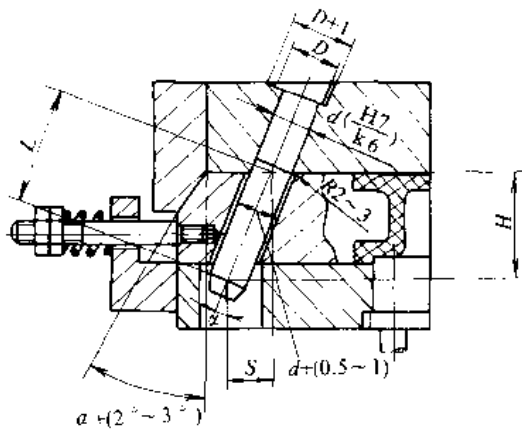


图 5-3-20 斜销抽芯结构形式

构。用推杆、推管顶出的复位可简单地使用复位杆，复位杆设置在推杆固定板上，端部与分型面平齐。开模时复位杆随推杆或推管一起顶出，合模时定模分型面推动复位杆将顶出机构复位。用推板顶出时，不需另设复位机构，合模时定模分型面推动推板即行复位。

当模具有侧面活动型芯而又设有推杆时，有时会在合模时型芯与推杆发生干扰，因此必需使推杆先复位，然后型芯动作。使顶出机构预先复位的机构称先复位机构。先复位机构的形式很多，图 5-3-23 列出几种。

图中 a 为用弹簧的先复位机构，b 为用斜楔转动设在推杆板上的杠杆，使顶出机构先复位的机构，c 为用斜楔推动铰联接杆，使顶出机构先复位的机构。

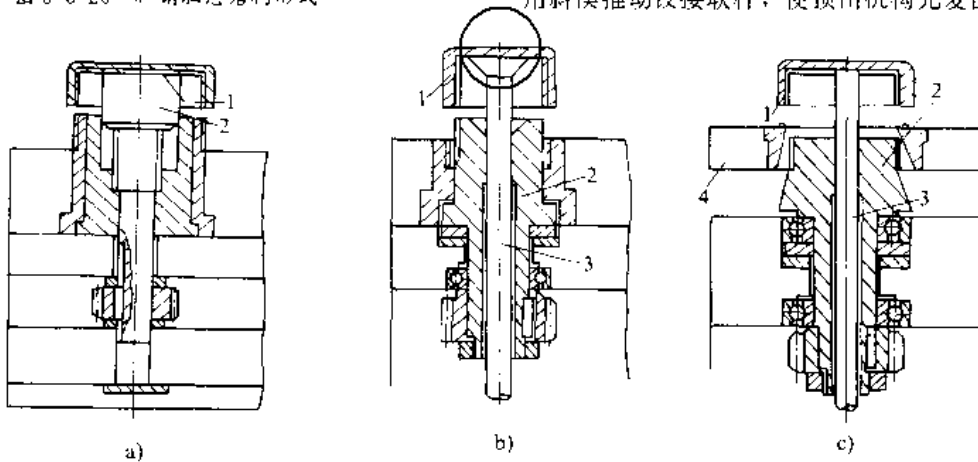


图 5-3-21 螺纹脱模机构

1—止转槽 2—轴 3—推杆 4—推板

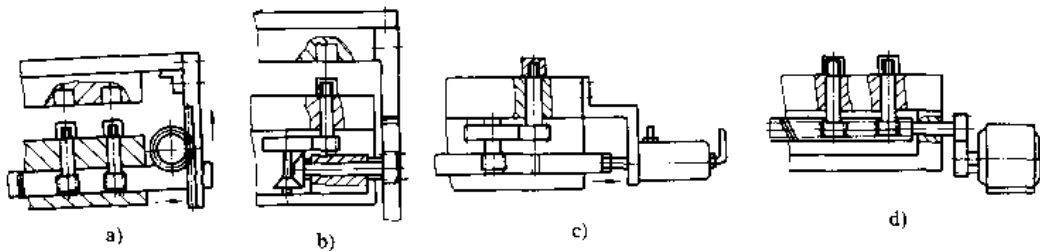


图 5-3-22 螺纹脱模的驱动方式

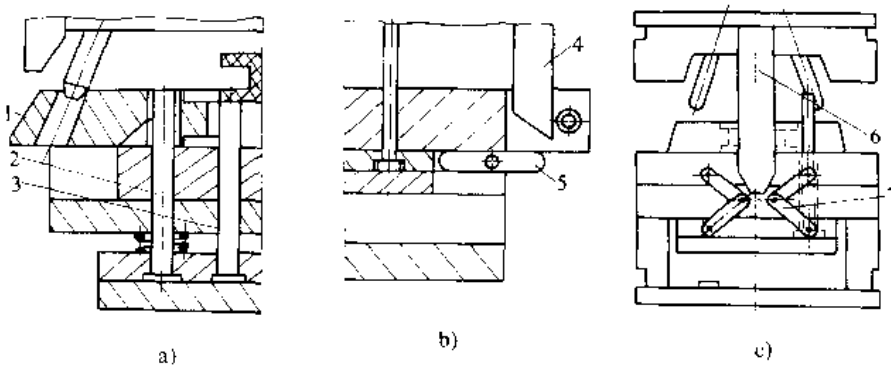


图 5-3-23 先复位机构

1—滑块型芯 2—复位杆 3—推杆 4、6—斜楔 5—杠杆 7—联杆



2.2 热固性塑料注射模的结构形式与设计

2.2.1 热固性塑料注射模的结构形式

热固性塑料注射模的基本结构形式与热塑性塑料注射模的基本结构相似。使用的机床是专用的热固性塑料注射机。成型工艺最大的区别是热固性塑料在被加热(170℃以上)的模具型腔内成型,成型时因化学反应产生的气体必须排出。使用的塑料必须具有极好的流动性。

模具的基本结构形式如图5-3-24所示。

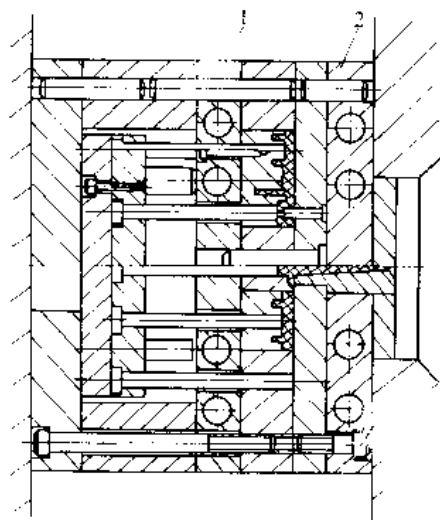


图5-3-24 热固性塑料注射模基本结构形式

1—支承板 2—定模座板

由图可见,在定模座板2和支承板1上都设有装置加热棒的孔,用以加热模具。

2.2.2 热固性塑料注射模的设计

热固性塑料注射模的设计与热塑性塑料注射模的设计基本相同。下面仅叙述不同之处和应注意的问题。

1. 锁模力计算

$$F_s \geq (0.6 \sim 0.8) p_c A \quad (\text{N})$$

式中 F_s ——额定锁模力(N);

p_c ——模内压力,酚醛塑料取30~40MPa;氨基塑料取40~60MPa;聚酯塑料取10~20MPa;

A ——塑件和浇注系统的总投影面积(cm^2)。

2. 分型面设计 为了保证分型面的紧密贴合以减少溢料,可将动模或定模之一的分型面的外缘加工低0.5mm左右,以减少分型面接触面积、增加单位面

积压力。

3. 浇注系统设计 由于热固性塑料的注射是较低温的预塑化塑料注入较高温的模具中,模具温度以及塑料与模具间的摩擦生热,使塑料的粘度降低、流动性提高,因此浇注系统的断面尺寸可以取小些,以节约材料和缩短固化时间。

分流道的断面形状见图5-3-8,采用圆形断面(图5-3-8a)时,直径取4~8mm。采用梯形断面(图5-3-8b)时,宽度 b 取4~7mm,深度 H 取 $2/3b$, $\alpha=20^\circ$, $R=1\text{mm}$ 。用半圆形断面(图5-3-8c)时,半径 R 常取3mm, H 取2.8mm。

浇口形式常采用侧浇口和点浇口。用表5-3-1所示的侧浇口时,深度 H 取0.2~0.5mm、宽度 C 取2~5mm、长度 L 取1~2mm。采用点浇口时,不宜采用表5-3-1中点浇口形式b所示的球底点浇口形式,因用于热固性塑料时球部易贮冷料而堵塞浇口。应采用表5-3-1图②a的形式, d 取0.4~1.5mm、 l 取0.5~1.5mm,与塑件连接处设0.5mm的圆角或 $0.3\text{mm} \times 45^\circ$ 的倒角。

热固性塑料含有大量填充剂,注射时浇口易磨损,应引起注意。

4. 排气槽 排气槽应设在距浇口最远的分型面上,有时需要试模后决定其位置。排气槽宽度为3~15mm,深度为0.03~0.08mm。

模具与推杆的间隙也能起排气作用。

5. 拉料杆与拉料穴 拉料杆与拉料穴是在开模时用来使浇注系统塑料保持在模具某部位上的零件、穴位(图5-3-25)。

由于热固性塑料在开模时较柔软、冷却后易折断,因此与用于热塑性塑料的拉料杆有所区别。如图5-3-25a的球形拉料杆 $d=d_1+2\text{mm}$ (用于热塑性塑料时 $d=d_1+1\text{mm}$), d 与 d_1 之差过小则无拉料作用,过大则不能脱模或使塑件破裂。图b所示Z形拉料杆, a 不得小于4mm。图c成型后拉料杆周围形成四片薄片,顶出后依靠薄片弹性从拉料杆上脱下。图d为用于对合式型腔的拉料穴。图e为在动模板上镶入镶块以形成倒斜的拉料穴。

6. 型芯及型腔 型芯、型腔的配合面、镶拼件的拼合面、活动型芯的滑动配合面等必须正确、间隙小,以防止飞边产生,各种模板应热处理淬硬,在动模支承板与座板之间必要时增设支柱,以减少动模板、支承板的变形,防止在成形时影响到型芯、型腔的配合而产生飞边。



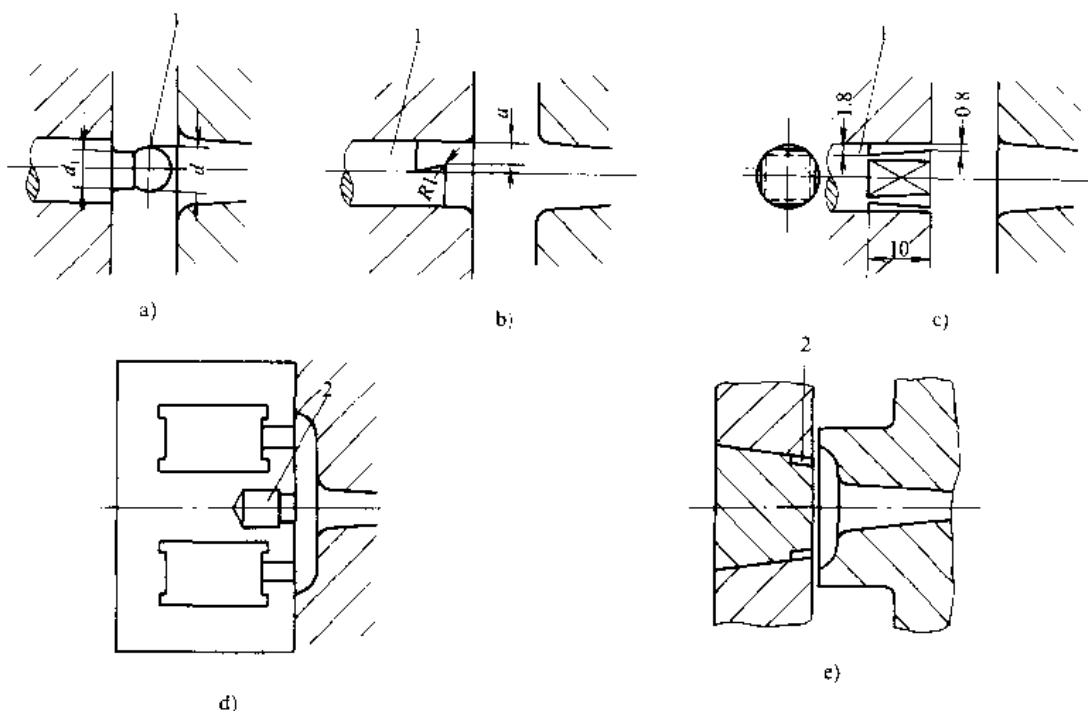


图 5-3-25 拉料杆与拉料穴

1—拉料杆 2—拉料穴

热固性塑料的粘模性比热塑性塑料小，因此脱模斜度可小些。但有时为了使塑件强留在凸模或型芯上而做成倒斜或加工粗糙些。

7. 嵌件安装结构 热固性塑料件常有嵌件，嵌件需在注射前安装在模具内，并要求在合模、注射时可靠保持在所需位置。

安装嵌件用的嵌件杆形式可见表 5-3-12。

用注射模时，有时将嵌件安装在推杆上，安装嵌件时，一种方式是先使推杆复位，如图 5-3-26a，嵌件杆 2 插入后转动 60°锁合，防止跌落。另一种方式是在推杆顶出位置安装嵌件（图 5-3-26b），在推杆 1 端部设一夹头 4，嵌件杆 2 插入夹头，推杆复位后即可可靠保持嵌件杆。

8. 顶出机构 由于热固性塑料的流动性好，易产

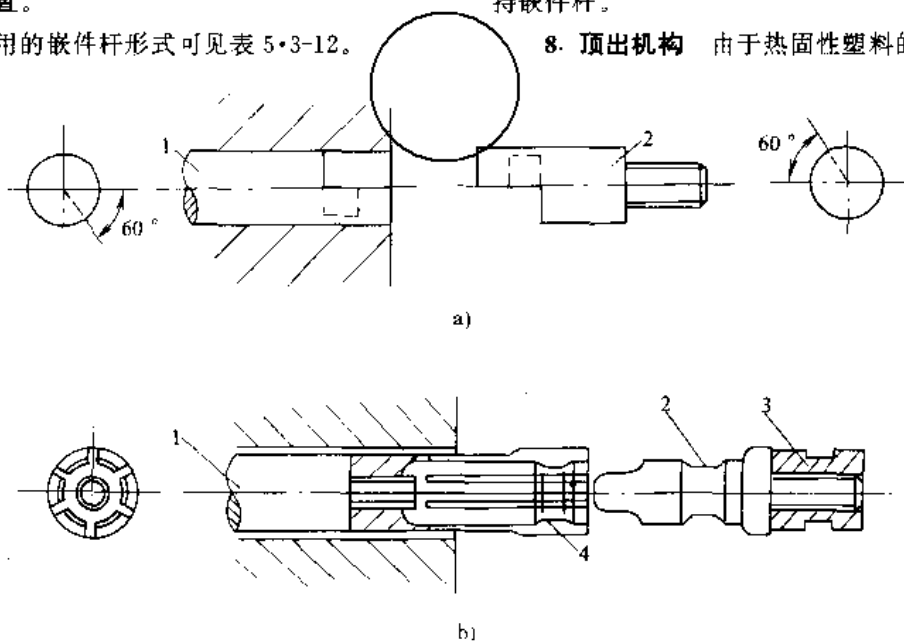


图 5-3-26 在推杆上安装嵌件

1—推杆 2—嵌件杆 3—嵌件 4—夹头



生飞边，因此对顶出机构有较高要求，配合间隙在0.01~0.03mm内，尽可能采用顶杆顶出，因易于保证配合间隙。避免使用不易保证配合间隙的推管顶出或推板顶出。

当必须使用推板顶出时，应尽量减少配合部位和注意易溢料产生飞边的部位；顶出距离也需增大，使有足够空间清理模具内飞边废屑；顶出机构应设有导向装置以保证正确滑动，减少推板与型芯的摩擦磨损，防止飞边产生。

2.3 无流道模具的结构形式与设计

无流道模具是在注射成型后，浇注系统内的塑料不固化而仍保持熔融状态，成型的塑件不带有浇注系

统凝料。

无流道模具的特点有：

- (1) 材料浪费少；
- (2) 缩短了塑料充填浇注系统的时间、省却了取出浇注系统凝料的时间、缩短了开模行程，因此缩短了成型周期。
- (3) 塑件与浇注系统自动分离，因此可实现全自动化生产。
- (4) 使用的塑料应具有成型温度范围广、低温时易成型和对压力敏感、导热性好、比热低、热变形温度高等特性。各种塑料的适应性见表5.3-6。
- (5) 模具较复杂，需有价格高的温度控制装置，因此不适合于少量生产用的模具。

表 5.3-6 各种塑料的适应性

浇注系统形式	塑 料					
	聚 乙 烯	聚 丙 烯	聚 苯 乙 烯 AS, ABS	缩 醛 树 脂	聚 氯 乙 烯	聚 碳 酸 酯
井式喷嘴	可采用	可采用	采用较困难	采用较困难	不可采用	不可采用
延长喷嘴	可采用	可采用	可采用	可采用	不可采用	不可采用
绝热流道	可采用	可采用	采用较困难	采用较困难	不可采用	不可采用
热流道	可采用	可采用	可采用	可采用	可采用	可采用

无流道模具大致上可分为下列几种：

- (1) 井式喷嘴模具；
- (2) 延长喷嘴模具；
- (3) 绝热流道模具；
- (4) 热流道模具。

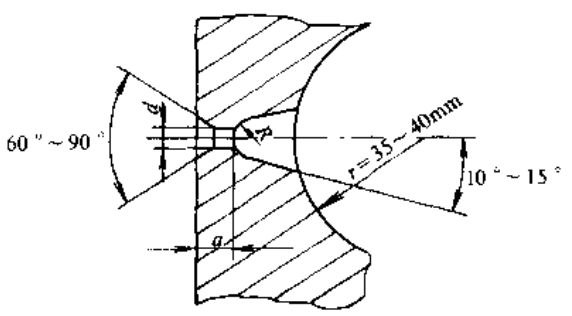
这种形式用于单型腔模具，采用点浇口。

当塑件的成型周期较长或注射的塑料成型温度允许范围小时，蓄料井部分特别是浇口部分易固化而不能进行下一次注射。为此要使浇口套与模具的接触面减小，并设置空气隔热槽，使浇口套与模具之间形成必要的温差。

浇口套蓄料井部分的尺寸见表5.3-7。

表 5.3-7 浇口套蓄料井部分尺寸

(mm)



塑件重量(g)	3~6	6~15	15~40	40~150
成型周期(s)	6~7.5	9~10	12~15	20~30
d	0.8~1.0	1~1.2	1.2~1.6	1.5~2.5
R	3.5	4	4.5	5.5
a	0.5	0.6	0.7	0.8

2.3.1 井式喷嘴模具

图5.3-27为井式喷嘴模具的结构。在浇口套内设有蓄料井。蓄料井内的塑料与井壁接触的外层呈半熔体凝固状态，起绝热作用，使井内中部塑料保持熔融状态。在注射机喷嘴不脱离浇口套的情况下可连续成型。

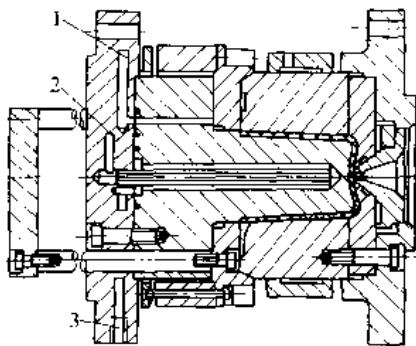


图 5.3-27 井式喷嘴模具结构形式

1—压缩空气入口 2—冷却水出口 3—冷却水入口



2.3.2 延长喷嘴模具

这种模具是将注射机喷嘴延长，使喷嘴与型腔间只有极短的距离。由于在喷嘴延长部分装有外加热器，因此不担心浇口的固化，相反地在浇口附近的模温极易升高，因此大多在每次注射后将喷嘴后退。延长喷嘴如图 5-3-28 所示。

图中 a 为一般形式。图 b 是为了避免喷嘴的热量过多地传到模具，在喷嘴和模具之间留有不大的间隙。

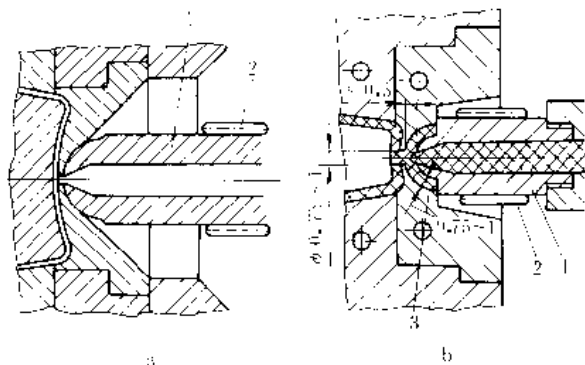


图 5-3-28 延长喷嘴

1—延长喷嘴 2—加热器 3—绝热层

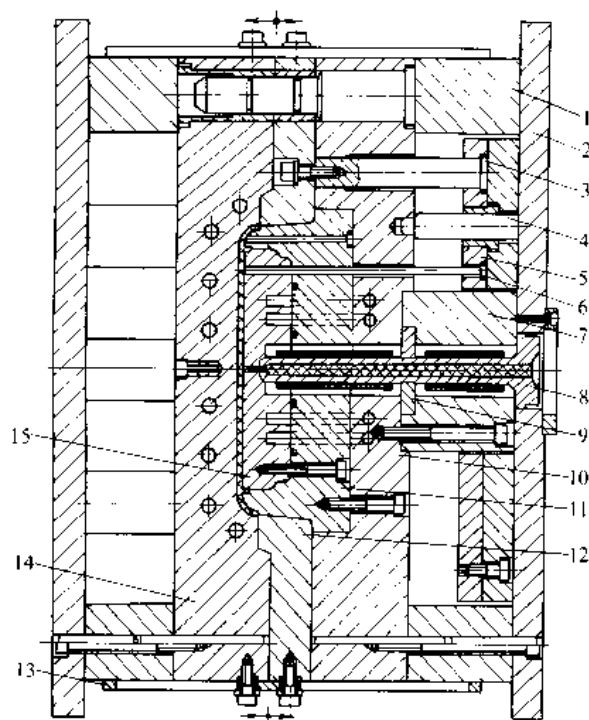


图 5-3-29 将延长喷嘴设在模具中的形式

1—垫块 2—定模座板 3—复位杆 4—推板导柱
5—推杆固定板 6—推杆 7—支柱 8—喷嘴
9—卡环 10—定模板 11—凸模 12—推板
13—拉板 14—动模板 15—凸模镶件

以注入并固化的塑料层绝热。

延长喷嘴模具也用于单型腔，并用点浇口。

图 5-3-29 为延长喷嘴模具的另一种形式。设有外加热器的喷嘴延长部分设在模具内。此模具的另一特点是顶出机构设在定模部分，用推板脱模。

2.3.3 绝热流道模具

绝热流道模具用于用点浇口的多型腔模具。设较粗大的主流道和分流道，主流道和分流道内的塑料外层（约 2~4mm）因与低温的模具接触而呈半熔融状态，起绝热作用。内部的塑料在外层的绝热下呈熔融状态，使连续成型成为可能。图 5-3-30 为绝热流道模具的结构。

绝热流道模具的设计应注意下列各点：

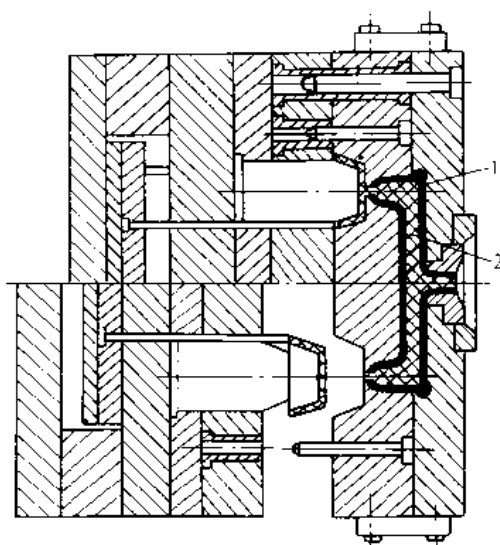


图 5-3-30 绝热流道模具结构

1—固化绝热层 2—熔融塑料

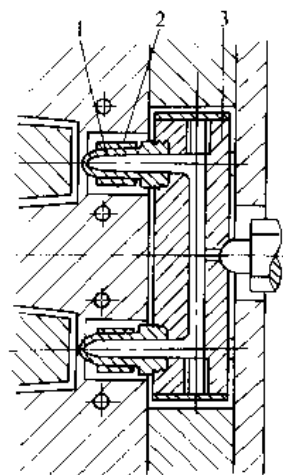


图 5-3-31 外加热式热流道模具

1—二次喷嘴 2—加热器 3—流道板

200
凡



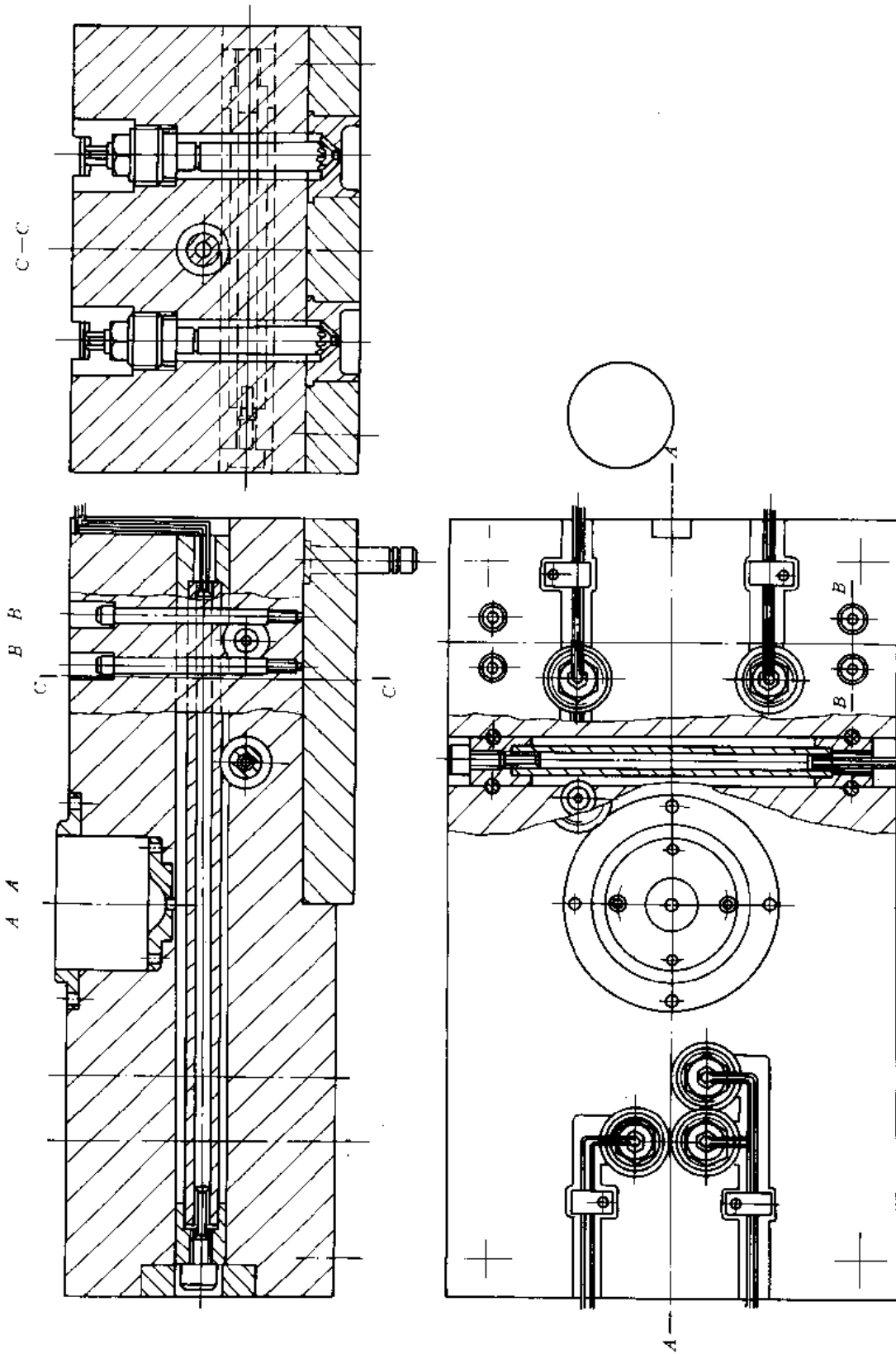


图 5-3-32 内加热式热流道模具流道板
 1—加热加热器 2—浇口套 3—定位图 4—阀



(1) 成型周期长时, 绝热层会增厚, 流道断面积缩小、塑料流动阻力增加而影响成型。适用于成型周期不超过 1min 的大型多型腔模具。

(2) 流道直径取 13~24mm, 过大则型腔的温度控制困难。但用于注射苯乙烯时应取 30mm。

(3) 浇口比一般点浇口大些, 长度尽量短。

(4) 浇口、分流道和主流道之间的过渡连接处都要用光滑圆角连接, 有助于塑料流动, 防止形成死区而引起塑料滞留劣化变色。

(5) 停机后重新操作前, 必须取出固化的浇注系统塑料, 因此流道板由两块板对合而成, 而且要用简便可靠的方法锁紧和分开。

2-3-4 热流道模具

热流道模具是将浇注系统塑料加热并始终保持在熔融状态的一种无流道模具。常用于多型腔模具, 一般采用点浇口。

图 5-3-31 为热流道模具的一种结构形式。主流道与分流道设在一块流道板 3 内, 流道板由插入的棒状加热器加热, 这种加热方式称为外加热式。流道板至型腔之间由带有加热器 2 的二次喷嘴 1 连接。流道板一直在加热, 为了防止由于热传导而妨碍模具的冷却, 流道板与模具之间必须用空气或绝缘物绝热。

图 5-3-32 为内加热式的流道板的一种形式。在纵横交叉的流道孔内设棒状加热器 1, 塑料在流道孔与加热器形成的环形通道内流动。二次喷嘴是由流道孔与阀 4 形成的环形通道, 也是设在流道板内, 喷嘴直接

通向型腔。阀 4 内设有棒状加热器。图形左边为型腔镶件设在流道板内, 右边为型腔镶件设在另设的模板内。

热流道模具的浇口要求在注射时开启、注射结束后关闭, 保证不漏料。为此一般采取的方法是对浇口部分进行精确的温度控制的方法, 例如在阀的端部设一小型加热器, 在一个成型周期中, 小型加热器进行接通、断开的变换, 进行浇口的密封控制。还有用机械方法对浇口进行密封的, 如在阀体内装入弹簧, 利用注射压力控制浇口的开、闭。又如利用液压控制设在浇口部分的阀门等等, 已经开发了许许多多的形式。

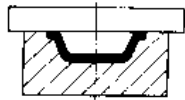
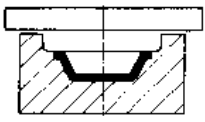
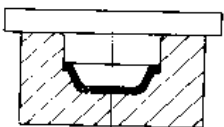
设计热流道模具时, 由于增加了流道板, 因此要注意模具厚度与注射机最小开距的关系。流道板与定模座板、定模板之间的绝热很重要, 一般用空气绝热方法, 板与板之间设 3~8mm 的间隙。形成间隙用的间隔件面积尽量小, 并设置在最佳位置, 在承受锁模力和注射压力时不致使流道板变形。主流道及各二次喷嘴的对侧, 必须设置承力部件。形成间隙用的间隔件及承力部件均应使用导热性低的材料, 如不锈钢等。流道直径的决定, 需考虑一次注射的塑料量, 如流道过大而注射量小, 则塑料在加热区域内停留时间增长而物理性能下降, 造成塑件烧焦、成型不匀、流纹等缺陷。流道过小则引起压力损失而不得不增加注射压力。

3 压缩模的结构形式与设计

3-1 压缩模的结构形式

按加料腔的形式, 压缩模的分类见表 5-3-8。

表 5-3-8 压缩模分类

类型	简图	特点
溢式压缩模		型腔高度等于塑件高度, 压缩成型时, 过剩的塑料(加料量大于塑件重量的 5% 左右) 易溢出, 至完全合模为止。成型的塑件密度不高、强度差 结构简单, 造价低 适用于对强度和尺寸无严格要求的塑件
半溢式压缩模		加料腔投影面积大于型腔投影面积, 加料腔与型腔分界处形成一环形承压面。加料可略过量, 成型时过量塑料通过凸、凹模的间隙或设在凸模上的溢料槽溢出。塑件紧密程度较高, 不必准确计量加料量, 凸模不会擦伤型腔壁, 应用很广
不溢式压缩模		加料腔是型腔的延续部分, 成型压力全部作用于塑件, 塑料溢出量很少。能成型密度很高的塑件, 能成型流动性低的、层状和纤维状填料的塑料。塑料需准确称料, 脱模时塑件表面易擦伤, 不适宜用于多型腔模具



按模具的安装方式，压缩模可分为：

- (1) 移动式压缩模。压缩成形前、后的操作均在机外。
- (2) 固定式压缩模。模具完全固定于机床。

图 5-3-33 为移动式压缩模的结构形式。为半溢式加料腔。成型结束后，将模具移出机外，抽去侧型芯 8，顶出上、下模，抽出侧型芯 6。模具的加热是用固定于机床上的上、下加热板。

图 5-3-34 为固定式压缩模的结构形式。为半溢式加料腔，加热板 1 和支承板 9 的孔内插入电热棒作模具加热用。

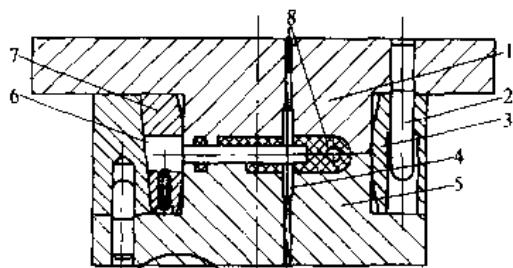


图 5-3-33 移动式压缩模
1—上模 2—导柱 3—凹模 4—型芯 5—下模
6—侧型芯 7—拼块 8—侧型芯

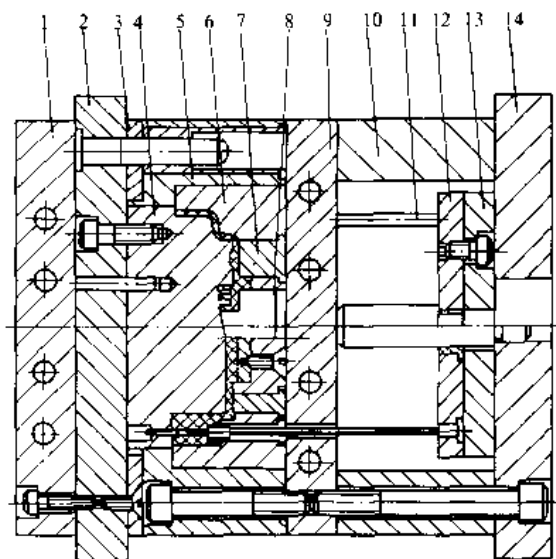
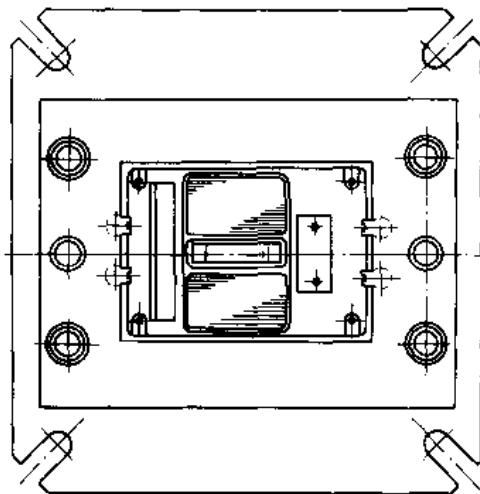


图 5-3-34 固定式压缩模

- 1—加热板 2—上模座板 3—承压板 4—凸模 5—模套 6—凹模 7、8—镶件 9—支承板（兼加热板）
10—垫块 11—推杆 12—推杆固定板 13—推板 14—下模座板



3.2 压缩模的设计

3.2.1 压机的选择

1. 压缩成型压力计算

塑件压缩成型所需压力

$$F = Ap \quad (\text{N})$$

式中 A —型腔总投影面积 (cm^2)；

p —压缩成型单位压力(见表 5-3-9)(MPa)。

所选压机的额定压力应大于计算成型压力的 1.1

表 5-3-9 压缩成型的单位压力

(MPa)

酚 醛 型 料			氨基塑料
粉状填料	布基填料	石棉填料	
12.5~35	35~100	40~55	12.5~35

注：塑件壁愈薄深度愈大、形状愈复杂，单位压力愈大。

~1.2 倍。

2. 脱模力

塑料脱模力

$$F_t = A_t p_t \quad (\text{N})$$

式中 A_t —塑件侧面总面积 (cm^2)；

p_t —塑件与模具的结合力 (MPa)，一般木质纤维和矿物质填料取 0.5MPa，玻璃纤维填料取 1.5MPa。

所选压机的额定顶出力应大于计算脱模力。

除上述两方面外，选择压机还应考虑压机开距与模具厚度的关系、压机行程与模具所需开模距离的关系、压机顶出杆行程与所需顶出距离的关系、以及工作台面的按装尺寸等。

3.2.2 成型零件设计

1. 凸、凹模的组成形状及尺寸 凸模与凹模合拢



后组成的形状与尺寸都有一定要求。

图 5·3-35a 为半溢式压缩模、图 b 为不溢式压缩模的凸、凹模组成形状及尺寸。 l 为挤压部分，对于中小型塑件 l 取 2~4mm，对于大型塑件 l 取 3~5mm。 s 为储料槽厚度，取 0.5~1mm。 n 为模具合紧后留有的

间隙，防止凸、凹模接触， n 取 0.03~0.05mm。 l_1 为配合部分长度，移动式压缩模 l_1 取 4~6mm，固定式压缩模 l_1 取大些。 l_2 为导入部分长度。导入部分设斜度 α 取 $20' \sim 1^\circ 30'$ 。凸、凹模间隙 Δ 取 0.05~0.1mm。排气槽深度 t 取 0.2~0.3mm。

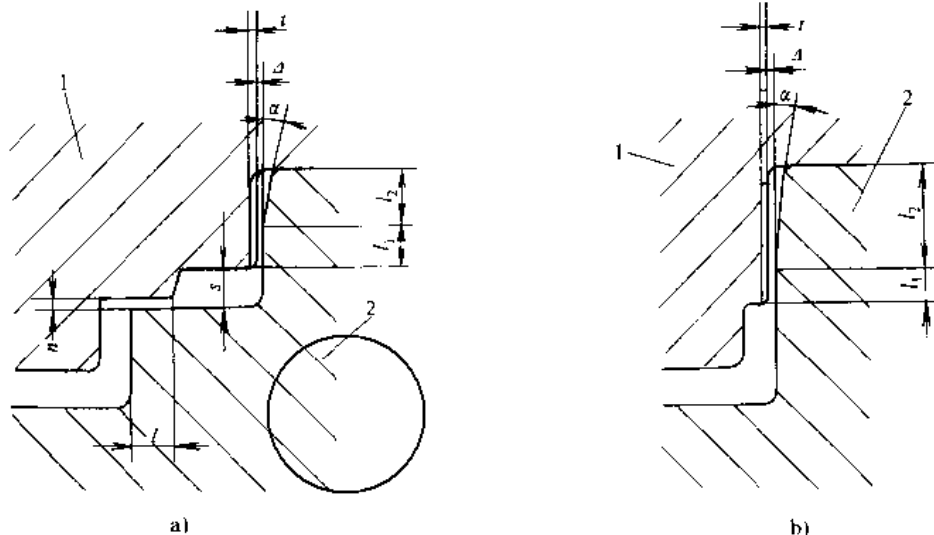


图 5·3-35 凸、凹模组成形状及尺寸

1—凸模 2—凹模

2. 加料腔设计 溢式压缩模在成型前将塑料堆放于型腔内，无加料腔。半溢式和不溢式压缩模都有加料腔。一般，加料腔的体积等于塑料成型前体积减去型腔体积。

塑料成型前的体积

$$V = V_1 f \quad (\text{cm}^3)$$

式中 V_1 ——塑件和溢料、飞边的总体积 (cm^3)，溢料和飞边的体积按塑件体积 5%~10% 计；

f ——塑料的压缩比 (见表 5·3-10)。

加料腔断面尺寸根据模具类型、塑件形状、尺寸而定。当得到了加料腔体积和断面积后即可计算出加料腔高度。表 5·3-11 列出几种加料腔高度的计算公式。

表 5·3-10 常用热固性塑料的压缩比

塑料名称	塑料的填充料	压缩比
酚醛塑料	木粉	1.0~1.5
	石棉	1.0~1.5
	云母	2.1~2.7
	碎布	3.5~18.0
脲醛塑料	纸浆	2.2~3.0
三聚氰氨甲醛塑料	纸浆	2.2~2.5
	石棉	2.1~2.5
	碎布	5.0~10.0

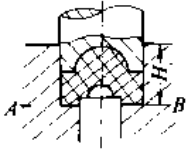
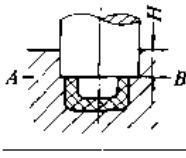
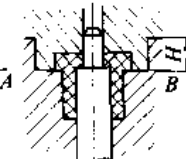
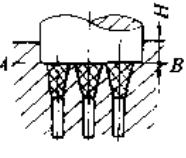
表 5·3-11 加料腔高度的计算

(cm)

形式	简图	公式	说明
不溢式		$H = h + (1 \sim 2)$	H —加料腔高度 h —塑件高度



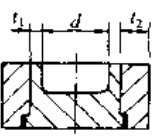
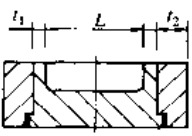
(续)

形式	简图	公 式	说 明
不溢式		$H = \frac{V + V_a}{A} + (0.5 \sim 1)$	H—加料腔高度 V—塑料成型前体积 (cm ³) V _a —下型芯凸出 A-B 线部分的体积 (cm ³) A—加料腔面积 (cm ²)
半溢式		$H = \frac{V - V_b}{A} + (0.5 \sim 1)$	H—加料腔高度 V—塑料成型前体积 (cm ³) V _b —A-B 线以下型腔体积 (cm ³) A—A-B 线以上加料腔面积 (cm ²)
		$H = \frac{V - V_c + V_d}{A} + (0.5 \sim 1)$	H—加料腔高度 V—塑料成型前体积 (cm ³) V _c —A-B 线以下的塑件体积 (cm ³) V _d —A-B 线以上的型芯体积 (cm ³) A—A-B 线以上的加料腔面积 (cm ²)
		$H = \frac{V - nV_0}{A} + (0.5 \sim 1)$	H—加料腔高度 V—塑料成型前体积 (cm ³) V ₀ —A-B 线以下单个塑件体积 (cm ³) n—型腔数 A—A-B 线以上加料腔面积 (cm ²)

3. 型腔壁厚确定 型腔壁厚一般由经验确定。图 5-3-36、图 5-3-37 为圆形和矩形型腔壁厚的经验曲线图。

将型腔作为镶件时，镶件壁厚及模套壁厚的确定见表 5-3-12。

表 5-3-12 镶件型腔及模套壁厚

	(mm)			
	圆形镶件		矩形镶件	
				
	型腔直径 (d)		型腔长边宽度 (L)	
	40~100	100~200	40~100	100~200
镶件壁厚 t ₁	5~10	10~15	5~10	10~15
模套壁厚 t ₂	t ₂ = (0.7~0.8)t t——由图 5-3-36 求得的相应值		t ₂ = (0.7~0.85)t t ₀ ——由图 5-3-37 求得的相应值	

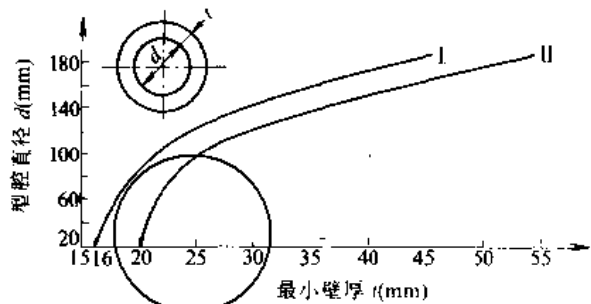


图 5-3-36 圆形型腔壁厚曲线

I—成型压力 < 30MPa II—成型压力 < 45MPa

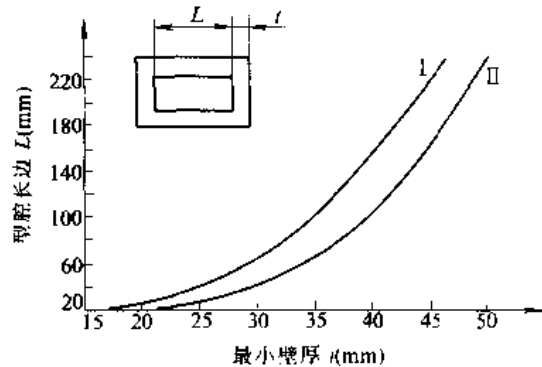


图 5-3-37 矩形型腔壁厚曲线

I—成型压力 < 30MPa II—成型压力 < 45MPa



4. 螺纹型芯及嵌件杆 热固性塑件上经常有直接成型出螺孔,或压入金属的螺纹嵌件。直接成型螺孔需使用螺纹型芯,压入嵌件需要使用嵌件杆。成型后螺纹型芯或嵌件杆都随塑件一起出模,然后从塑件上旋下。因此两者都有成型前事先安装上模具的问题。安装方法见表 5-3-13。

表 5-3-13 螺纹型芯、嵌件杆的形式及安装

安装位置	简图	说明
安装于下模		<p>使用嵌件杆时,如嵌件下端与模具表面贴合不好,则成型时塑料进入,使嵌件升起,嵌件将凹入塑件表面</p>
安装于上模		<p>螺纹型芯较小或嵌件外径 < 8mm 时,在杆部开槽,热处理淬硬,使用时靠弹性支撑于上模</p>
		<p>螺纹型芯的螺纹直径在 M6 以上时,或嵌件外径在 8~16mm 时,可用弹簧支撑结构,结构可靠,制造麻烦</p>
		<p>将嵌件杆(锥体)固定在上模上,将嵌件轻轻砸在锥面上,使用方便、简单</p>

5. 螺纹型环与螺杆嵌件 塑件上直接成型螺孔或压入螺杆嵌件时,用图 5-3-38 所示的安装方法。图 a 为将螺纹型环安装于下模,图 b 为将螺杆嵌件安装于上模。

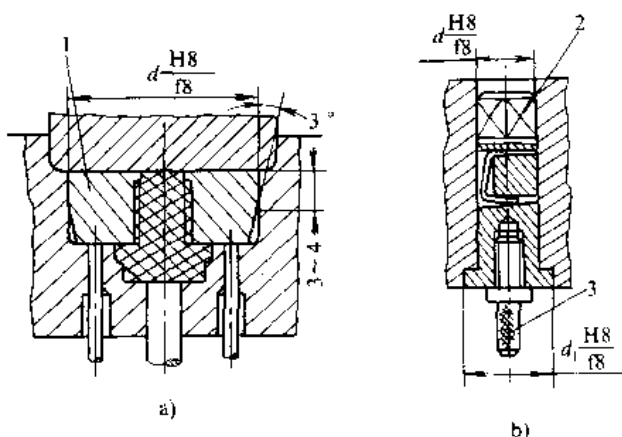


图 5-3-38 螺纹型环与螺杆嵌件的安装
1—螺纹型环 2—嵌件杆 3—螺杆嵌件

3-2-3 结构零件设计

1. 导柱与导套 压缩模的导柱、导套与注射模的导柱、导套有些区别。

图 5-3-39 为移动式压缩模用的导向形式。一般不设导套,导向孔直接做在凹模内。

固定式压缩模的导柱、导套形式与注射模的类似。由于成型时模具温度较高,上下模加热后孔距存在变化差异,因此导柱与导套的配合采用 H9/f9,使有较大的配合间隙,防止导柱与导套间咬死。

2. 顶出机构 对于每一副移动式压缩模,都需配备一副卸模架。

固定式压缩模的顶出机构有上顶出与下顶出两种形式。

有时塑件需要留在上模,因此需要用上顶出机构。有时在开模后,塑件留在上模或下模都有可能,为可靠计,上下模都需设顶出机构。

图 5-3-40 为上顶出机构的一种形式。利用上模的回程,用装在压机上的挡板 1 推动推板 2 脱件。

下顶出使用最广,其结构类似注射模的顶出机构。但模具的推板与压机顶出轴之间用尾轴连接。压机顶出轴回程时,通过尾轴使模具顶出机构复位。

推杆形式如图 5-3-41 所示。

3. 抽芯机构 压缩模常用手动抽芯机构进行抽芯,机构形式很多。图 5-3-42 列举几种机构形式。

图 a 为侧面圆型芯的抽芯,图 b 为异形型芯的抽芯,图 c 为螺纹型芯的抽芯,图 d 为用偏心机构的抽芯。

其他抽芯机构形式(参见本章 2-1-2 节)。



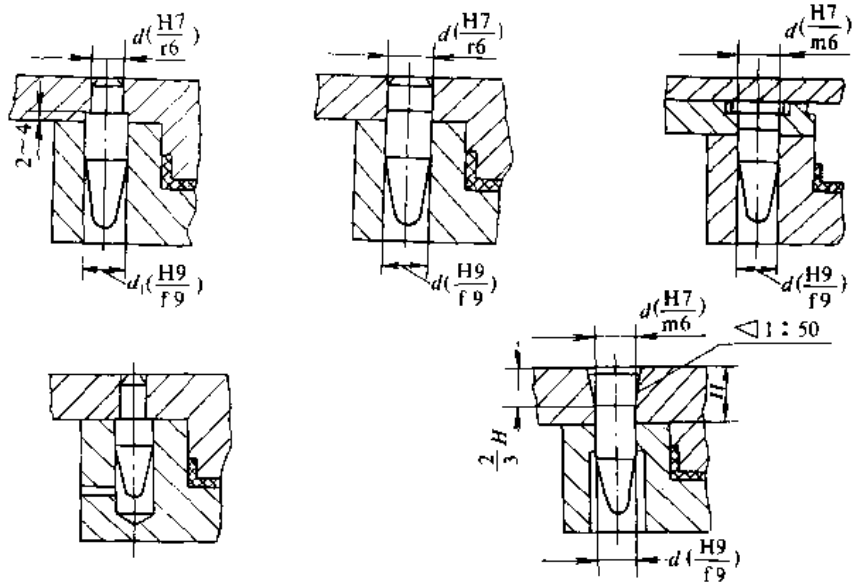


图 5-3-39 移动式压缩模的导向

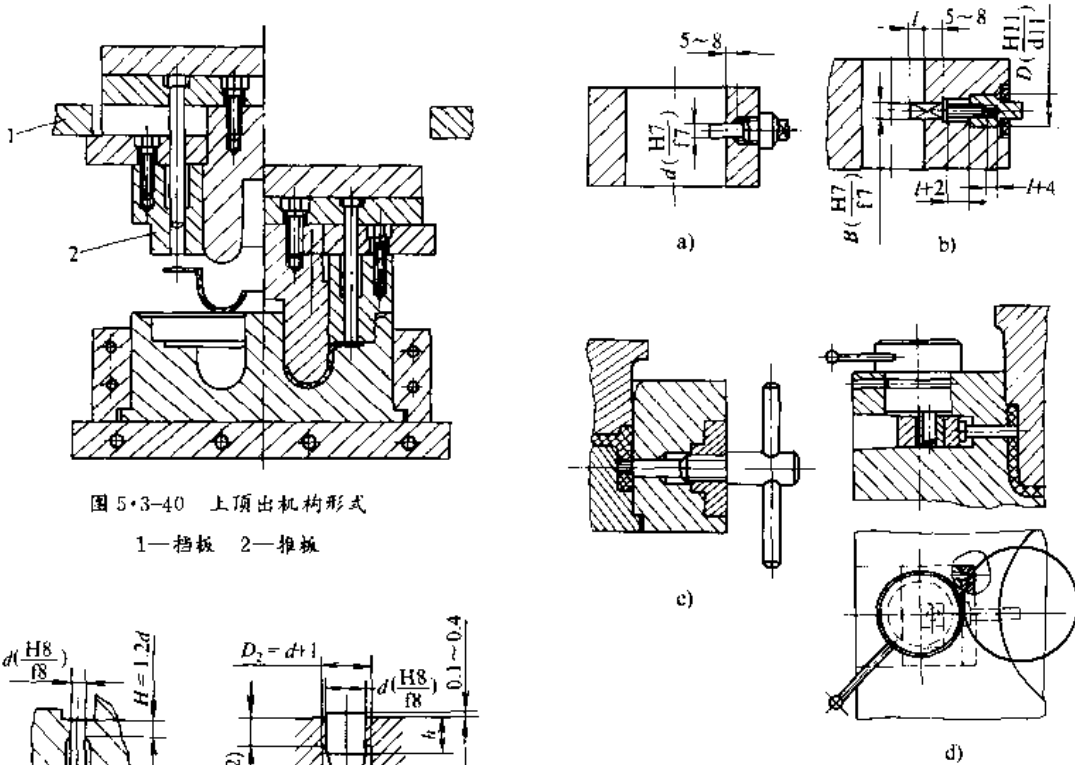


图 5-3-40 上顶出机构形式

1—挡板 2—推板

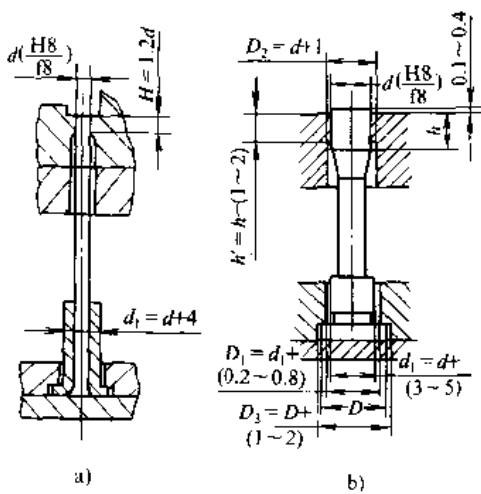


图 5-3-41 推杆形式

图 5-3-12 手动抽芯机构

4 传递模的结构形式与设计

4.1 传递模的结构形式

传递模有使用普通压力机的移动式传递模和固定式传递模、使用专用压力机的固定式传递模。

图 5-3-43 所示为使用普通压力机的移动式传递模结构形式。



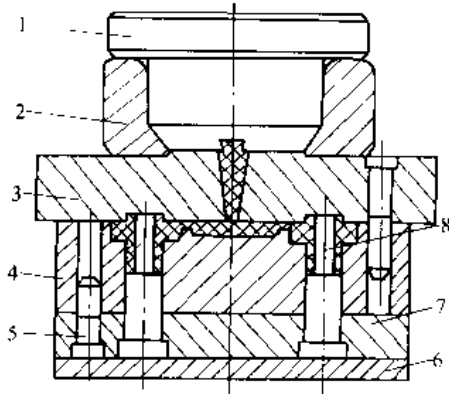


图 5-3-43 移动式传递模

- 1—柱塞 2—加料室 3—上模座板 4—凹模 5—导柱
6—垫板 7—型芯固定板 8—型芯

图 5-3-44 为使用普通压力机的固定式传递模结构形式。开模时，柱塞 2 先与加料室 3 脱离并带走主流道凝料，然后由拉杆 12 使拉钩 14 脱钩并分型，最后使加料室 3 和上模座板 16 悬挂在定距杆 17 上。

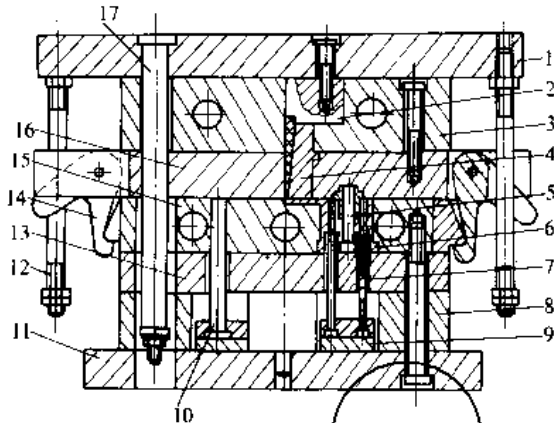


图 5-3-44 固定式传递模

- 1—上模板 2—柱塞 3—加料室 4—浇口套 5—型芯
6—型腔镶件 7—推杆 8—垫块 9—推板 10—复位杆
11—下模座板 12—拉杆 13—支承板
14—拉钩 15—型腔固定板 16—上模座板
17—定距杆

图 5-3-45 为使用专用压力机的固定式传递模结构形式。压力机有两个液压操作缸，一个起锁模作用，另一个用于柱塞对塑料加压。由于没有主流道的加热作用，因此最好采用经过预热的塑料进行传递成型。

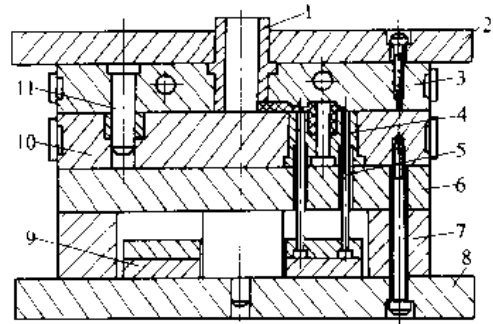


图 5-3-45 使用专用压力机的固定式传递模

- 1—加料室 2—上模座板 3—上模板 4—型腔镶件
5—推杆 6—支承板 7—垫块 8—下模座板
9—推板 10—型腔固定板 11—导柱

4.2 传递模的设计

4.2.1 模具与压力机的关系

用普通压力机时，实际单位成型压力 p 应大于所需单位成型压力，即：

$$p = \frac{F}{A} > p_c \quad (\text{MPa})$$

式中 F ——压力机额定压力 (N)；

A ——加料室内腔横断面积 (cm^2)；

p_c ——成型所需单位压力 (MPa)，(见表 5-3-14)。

表 5-3-14 传递成型所需单位压力

(MPa)

塑件名称	使用的填料	成型所需单位压力
酚醛塑料	木粉	60~70
	玻璃纤维	80~120
	布屑	70~80
三聚氰胺甲醛塑料	矿物	70~80
	石棉纤维	80~100
环氧树脂		40~100
硅酮树脂		40~100
氨基塑料		70

锁模是依靠压力机给予柱塞的压力，保证模具在成型时不产生溢料的条件是：

$$A \geq 1.15A_m$$

式中 A ——加料室内腔横断面积 (cm^2)；

A_m ——型腔和浇注系统在分型面上的总投影面积 (cm^2)。

这也是确定加料室内腔横断面积的依据。



用专用压力机时, 实际单位成形压力是:

$$p = \frac{F_1}{A} \quad (\text{MPa})$$

式中 F_1 ——对柱塞加压用液压缸的额定压力 (N)。

此实际单位成型压力应大于所需单位成型压力 (表 5·3-13)。

锁模力的核算用下式:

$$F_2 \geq (1.1 \sim 1.25) A_m p_c$$

式中 F_2 ——锁模液压缸的额定压力 (N)。

4·2·2 加料室与柱塞设计

1. 加料室与柱塞的配合要求 (图 5·3-46)

2. 柱塞设计 专用压力机用柱塞如图 5·3-47 所

示。图 b 在柱塞上开设环形沟槽、改善废料清理端面做成球面能使料流集中, 减少向侧面溢料。端面设楔形沟槽是为了便于将主流道内的凝料拉出。

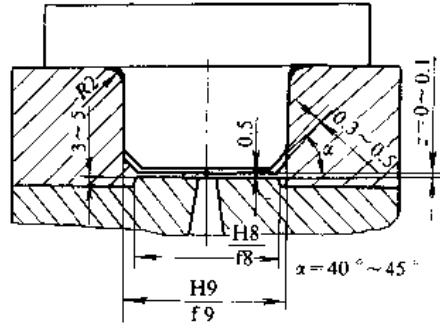


图 5·3-46 加料室与柱塞的配合要求

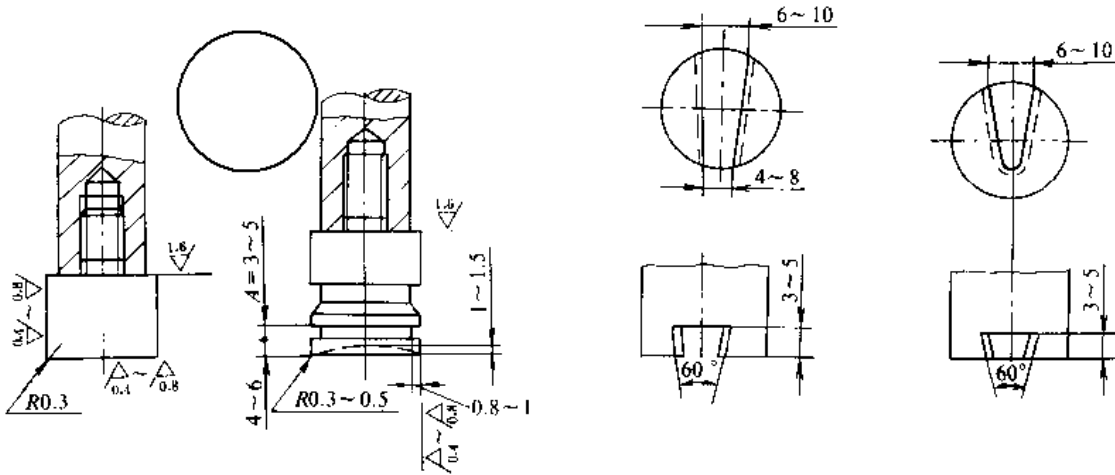


图 5·3-47 专用压力机用柱塞

4·2·3 浇注系统设计

浇注系统与注射模类似。

1. 主流道 主流道主要形式如图 5·3-48 所示。

图 a 为正圆锥形、图 b 为分流锥形式、图 c 为倒圆锥形主流道。倒圆锥形主流道的小端可直接与塑件相连, 并

模时流道内凝料与塑件连接处被拉断, 柱塞最好采用端面有楔形槽的形式。

2. 分流道 与注射模一样, 分流道可用圆形、半圆形、梯形截面形状。用圆形截面时, 直径取 4~6mm。用半圆形截面时, 半径取 3~4mm。用矩形截面时, 宽度取 4~8mm, 厚度取 2~6mm, 两侧斜度取 5°~10°。

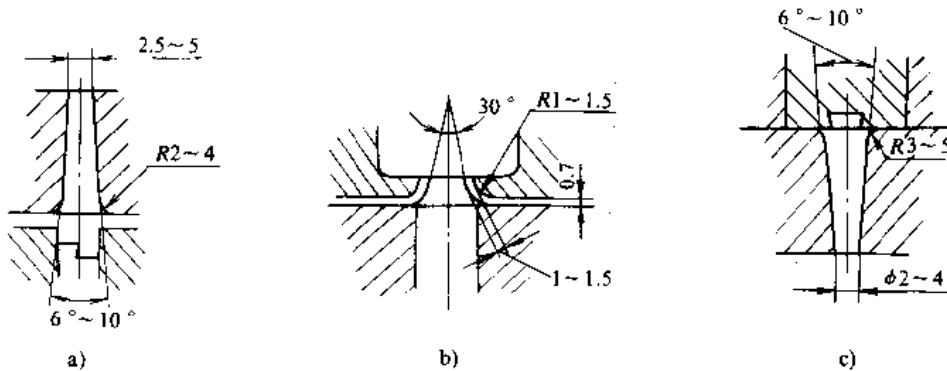


图 5·3-48 主流道形式



3. 浇口 浇口有直接浇口、侧浇口、环形浇口、分流锥式浇口等。根据塑件形状决定。

用侧浇口时，截面形状也有圆形、半圆形、矩形等形式，最常用的是矩形截面形式。矩形浇口的厚度一般取0.5~0.7mm，宽度不大于8mm，设计时取小些，试模过程中修到合适尺寸。

4. 溢料槽与排气槽 为防止产生塑件熔接缝或使多余料溢出而在适当位置开设溢料槽。一般溢料槽宽度取3~4mm，深度为0.1~0.2mm。

为排除型腔内气体而设排气槽。排气槽深度一般取0.03~0.05mm，宽度取3~5mm。

5 模具的冷却与加热

模具温度对塑件的成型性、生产效率和塑件质量都有很大影响。因此在模具设计时必须考虑用冷却或加热的方法来调节模具温度。

5.1 热塑性塑料注射模的冷却与加热

5.1.1 各种塑料的成型温度与模具温度

各种塑料的成型温度与模具温度见表5.3-15。

对模具温度要求较低的塑料，由于成型时模具被注入的塑料加热而温度升高，因此必须通冷却水，以保持较低的模温。而对模具温度要求较高的塑料，则需通

表 5.3-15 各种塑料的成型温度与模具温度 (°C)

塑料名称	塑料成型温度	模具温度
聚苯乙烯	200~300	40~60
AS	200~260	40~60
ABS	200~260	40~60
聚乙烯	150~300	40~60
聚丙烯	160~260	55~65
聚酰胺	200~320	80~120
聚缩醛	180~220	80~110
硬聚氯乙烯	180~210	45~60
软聚氯乙烯	170~190	40~60
聚碳酸酯	280~320	90~120
聚苯醚	280~340	110~150
聚砒	300~340	100~150

温水或热油保持模具温度。

5.1.2 冷却通道的形式

冷却通道应设计在型腔周围及型芯内部。冷却水孔数量愈多，对塑件冷却愈均匀。各水孔布置应离型腔或型芯表面距离一致。水孔孔径大、孔间距离大而数量少的设计，使型腔表面温差大，应采用孔径小、孔间距离小而数量较多的方式。通道设计还应考虑进水和出水的温差尽量小。冷却通道的形式很多，图5.3-49列

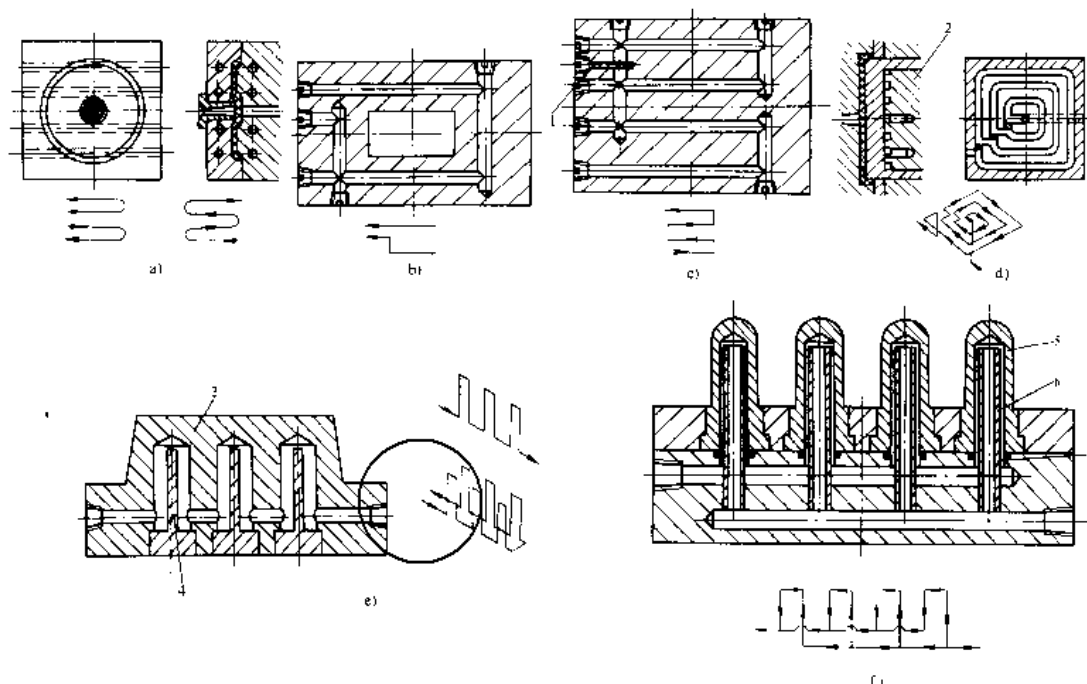


图 5.3-49 冷却通道形式

1—堵板 2—通道模块 3—凸模 4—隔板 5—型芯 6—管 7—密封圈



举几种形式。

图 a、b、c 为直接设在型腔板上的冷却通道形式。d 为在大型凸模内镶入水路镶块的平面螺旋式冷却通道。图 e 为在大型凸模内钻孔，装入隔板形成冷却通道。图 f 为在各型芯内设管接通的冷却通道。

5.1.3 热流道模具流道板的加热

热流道模具流道板需用电热器加热至流道内的塑料处于熔融状态。电热器所需功率 P 按下式计算：

$$P = \frac{mc(t_1 - t_2)}{860\eta T} \quad (\text{kW})$$

- 式中 m ——流道板重量 (kg)；
 c ——流道板(钢)的比热，其值为 481.482J/(kg·K)；
 t_1 ——流道板所需温度 (°C)；
 t_2 ——流道板起点温度 (°C)；
 η ——加热效率，取 0.3~0.5；
 T ——升温时间 (h)。

电加热棒插入流道板孔加热时，加热棒与孔的间隙愈大，加热效率愈低。间隙取 0.1mm 为宜。

5.2 热固性塑料模具的加热

5.2.1 热固性塑料成型的模具温度

热固性塑料成型时所需模具温度见表 5.3-16。

表 5.3-16 热固性塑料成型的模具温度 (°C)

塑料名称	模具温度
酚醛塑料	177~199
脲醛塑料	146~154
三聚氰胺甲醛塑料	154~171
聚邻苯二甲酸二烯丙酯	166~177
环氧树脂	177~183

压缩成型时，如果采用固定式模具，一般上模温度要求高于下模温度 5°C 左右。

注射成型时，为了加快反应速度，模具温度应较压缩模为高，一般在 170~200°C 之间。

表 5.3-18 塑料模工作零件的材料选用与热处理要求

零件名称	钢材选用	热处理要求	说明
型芯、凸模、型腔板、镶件	45	调质 22~26HRC	用于产量不大的热塑性塑料注射模
	Y55CrNiMnMoV (SM1)	预硬硬度 ≤40HRC	用于有镜面要求的热塑性塑料注射模

5.2.2 加热功率与加热器

模具加热所需功率，可按热流道模具的流道板加热的功率计算公式计算。

在获得所需加热功率之后，选用电热棒规格并确定电热棒数量。

当自行设计加热器时，按下列程序计算：

1) 根据模具结构及尺寸，确定电热棒数量并用下式计算每一电热棒的负荷 P_m ：

$$P_m = P/n \quad (\text{kW})$$

式中 P ——模具加热所需总功率 (kW)；

n ——电热棒数量。

2) 计算电热棒需用电阻 R

$$R = V^2/P_m \quad (\Omega)$$

式中 V ——选用电压，一般为 20~60V；

P_m ——电热棒的负荷 (kW)。

3) 计算需用电阻丝长度 L

$$L = RS/\rho \quad (\text{m})$$

式中 S ——选用电阻丝截面积 (mm²)，查表 5.3-17；

ρ ——单位电阻 (镍铬合金取 1.1Ω·mm²/m，高电阻合金为 1.2Ω·mm²/m)。

表 5.3-17 电阻丝截面积

镍铬电阻丝直径 (mm)	截面积 (mm ²)	最大允许电流 (A)	加热至 400°C 时每公尺电阻丝电阻 (Ω)	电阻丝重量 (g/m)
0.5	0.196	4.2	6	1.61
0.6	0.283	5.5	4	2.31
0.8	0.503	8.2	2.25	4.21
1.0	0.785	11	1.5	6.44
1.2	1.131	14	1	9.27
1.5	1.767	18.5	0.61	14.5
1.8	2.545	23	0.45	20.9
2.0	3.142	25	0.36	25.8
2.2	3.801	28	0.29	31.5

6 塑料模工作零件的材料选用与热处理要求 (表 5.3-18)



(续)

零件名称	钢材选用	热处理要求	说明
型芯、凸模、型腔板、镶件	8Cr2MnWMoVS (8Cr2S) 5CrNiMnMoVSCa (5NiSCa) Y20CrNi3AlMnMo (SM2)	淬硬 40~45HRC	用于形状复杂、精度要求高、产量大的热塑性塑料注射模
	T10A、9Mn2V、CrWMn Cr12、7CrSiMnMoV (CH)	淬硬 46~52HRC	用于热固性塑料模具, 小型芯、镶件等
动、定模座板上、下模座板 动、定模板上、下模板 支承板 模套 垫块	45	不进行热处理或调质至 230~270HB	
浇口套、拉料杆、分流锥	T10A、9Mn2V 7CrSiMnMoV (CH)	淬硬 50~55HRC	
导柱、导套、推板 导柱、推板导套	20	渗碳淬硬 56~60HRC	
	T8A 7CrSiMnMoV (CH)	淬硬 50~55HRC	
斜销、滑块、锁紧楔	T8A 7CrSiMnMoV (CH)	淬硬 54~58HRC	
推杆、推管	T8A 7CrSiMnMoV (CH)	淬硬 54~58HRC	
复位杆	45	淬硬 43~48HRC	
推杆固定板、推板	45		
加料室、柱塞	T8A 7CrSiMnMoV (CH)	淬硬 50~55HRC	

第4章 压铸模^{[9]~[11]}

1 压铸模的分类、特点与用途

1.1 按铸件材料分类 (表 5.4-1)

表 5.4-1 压铸模按铸件材料分类、特点及用途

	锌合金	铝合金	镁合金	铜合金
常用合金	Z ZnAl4-1 Z ZnAl4-0.5 Z ZnAl4	ZL101 ZL102 ZL103 ZL104 ZL105 ZL301 ZL302 ZL401	ZM5	ZHSi80-3 ZHPb59-1 ZHA167-2.5 ZHMn58-2-2



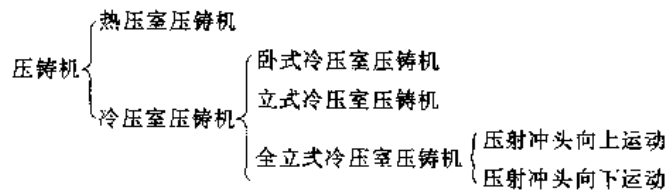
(续)

	锌合金	铝合金	镁合金	铜合金
压铸时合金温度 (°C)	410~450	620~710	640~730	910~960
模具工作温度 (°C)	150~200 预热: 120~150	180~250 预热: 130~180	200~300 预热: 140~200	300~380 预热: 180~250
对模具要求	耐高温 具有足够强度及刚性	耐高温、耐冲刷、耐热裂 有足够强度及刚性 能良好排气排渣	与铝合金模具相同 有较大容量溢流槽	对耐高温、耐热裂有更高要求 型腔硬度比铝合金模具低些
模具寿命	20万次以上	中小铸件 6~20 万次 中大铸件 3~8 万次	比铝合金模具稍长	1~5 万次 通常在数千次后会出现裂纹
选用压铸机	热压室压铸机 冷压室压铸机	冷压室压铸机	冷压室压铸机 热压室压铸机	冷压室压铸机
特点及用途	应用广泛 批量大、表面需电镀的铸件 锌合金易老化, 当温度 >100°C 或 <-10°C 时尺寸不稳定, 应用受限制	应用最广泛	应用一般 铸件密度小、力学性能好, 用于承受强烈颠簸、起滞震作用的零件 可制造用于低温(-196°C 以上) 工作的零件	用于抗磁零件、耐磨、导热性能好、受热后尺寸变化较小的零件

注: 钢铁压铸尚处于试验阶段

1.2 按使用的压铸机分类

1.2.1 压铸机分类



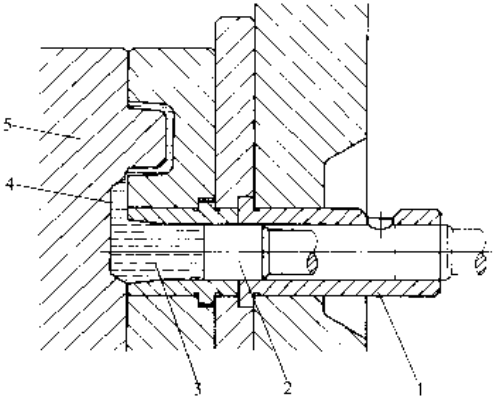
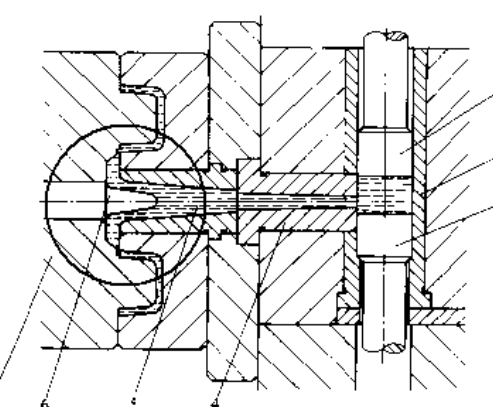
1.2.2 按压铸机分类的模具特点与用途 (表 5.4-2)

表 5.4-2 按压铸机分类的模具特点与用途

	简图	压铸过程	特点	用途
用热压室压铸机的压铸模	<p>1—冲头 2—压室浇壶 3—压料孔 4—料筒 5—坩埚 6—通道 7—型腔</p>	<p>压射冲头 1 下压, 推动鹅颈通道 6 内金属液面上升, 当冲头封住压室浇壶 2 进料孔 3 时, 从料筒 4 下部至型腔 7 形成一封闭腔, 注射冲头继续下压, 封闭腔内建立起压力, 金属液被高速地注入型腔。注射完毕后, 压射冲头提升, 打开进料孔, 多余金属液回流, 鹅颈通道内液面又恢复至与坩埚液面持平。同时模具打开, 取出铸件, 完成一个循环</p>	<p>不需人工或机械手将金属液浇入压室内, 能实现自动化连续生产, 效率高 模具浇注系统设计, 铸件的顶出, 溢流槽内的金属推出、模具冷却均需适应连续自动生产</p>	<p>锌、铅、锡等熔点较低的合金及镁合金的压铸 较常使用大批量小件的压铸</p>



(续)

	简 图	压 铸 过 程	特 点	用 途
用卧式 冷压室 压铸机 的偏心 浇口压 铸模	 <p>1—压室 2 冲头 3—熔融金属 4—横浇道 5—模具</p>	<p>压室1呈水平, 压射冲头2亦作水平运动。注射前, 压射冲头位于尾端, 熔融金属3由人工或机械注入压室后, 压射冲头推动金属经横浇道4进入模具5型腔, 充漏型腔后, 压射冲头的压力仍作用在金属上, 金属在压力下凝固成铸件。开模、取出铸件, 完成了一个循环</p>	<p>每次注射, 需由人工或机械加料 压射冲头水平运动, 模具开合亦为水平方向 浇口必须处于模具型腔下方(偏心浇口)</p>	<p>应用最广泛 适合于所有合适压铸的合金的生产</p>
用卧式 冷压室 压铸机 的中心 浇口压 铸模	<p>见图5·4-17、图5·4-18</p>	<p>见图5·4-17、图5·4-18说明</p>	<p>为保证压射冲头未运动前不致使金属液因自重而流入型腔, 需对模具作特殊设计</p>	<p>适用于所有适合压铸的合金生产 需将浇口位置设在型腔中央或一模多腔时浇口需设在模具中央</p>
用立式 冷压室 压铸机 的压 铸模	 <p>1、3 冲头 2—压室 4—喷嘴 5- 直浇道 6—分流锥 7—模具</p>	<p>压室2为垂直位置, 上、下压射冲头1和3均作垂直方向运动。上冲头脱离压室, 下冲头处于堵住喷嘴4孔时, 将熔融金属注入压室, 金属不会自行流入型腔。当上冲头下压接触金属推动下冲头下移一小段距离, 打开喷嘴孔口, 上冲头继续快速下压, 将金属通过直浇道5, 由分流锥6分流后注入模具7的型腔。填充完毕, 上冲头提升, 下冲头立即以冲击动作向上将余料与直浇道切断并推至压室上端, 以备取走。同时开模、取出铸件, 完成一个循环</p>	<p>每次注射需由人工或机械加料 压射冲头作上下方向运动, 模具开合方向为水平方向 对浇口位置无特殊要求</p>	<p>适用于所有适合压铸的合金的生产 特别适合需用中心浇口的模具</p>

模具公司制作 请尊重作者版权



(续)

	<p>简图</p>	<p>压铸过程</p> <p>模具由上模5和下模4组成,分别固定在机床工作台上。开模状态下,将金属液2注入压室3后闭合。压射冲头1向上压,将金属液由分流锥7分流并经横浇道6进入型腔。开模后,压射冲头继续上升推出余料,然后冲头复位</p>	<p>特点</p> <p>每次注射需由人工或机械加料 便于安放嵌件 铸件推出后需人工取出,不易实现自动化生产</p>	<p>用途</p> <p>适用于所有适合压铸的合金的生产 适宜有嵌件的铸件 适合于需用中心浇口的压铸</p>
<p>用全立式冷压室压铸机的压铸模</p>		<p>闭模状态下,将金属液注入压室2内,此时推杆7在弹簧8的作用下封住横浇道4,以防压铸前金属液流入型腔。压射冲头1下压时,将推杆下压,打开横浇道,将金属液压入型腔内。开模,冲头复位,由推出机构推出铸件,由推杆7推出余料</p>		

2 压铸模的结构形式与设计

2.1 压铸模与压铸机的关系

(1) 压铸机应具有保证正常生产所需的足够的锁模力、开模力和推出力。

(2) 压铸机应具有确保铸件成形和达到致密性要求所需的比压。

(3) 冷压式压铸机压室应能容纳每次压铸所需的金属液；

(4) 模具的大小、厚度、开模距离等都应与压铸机适应,以保证模具安装和开模取件；

(5) 模具定位孔直径、浇道直径、推出杆孔位置等均应与压铸机适应。

2.1.1 锁模力计算

压铸时必须锁紧模具分型面,以防止金属飞溅、保证铸件尺寸精度和内部质量。应按模具计算锁模力选用压铸机。锁模力

$$F_s \geq K (F_f + F_{fa}) \quad (N)$$

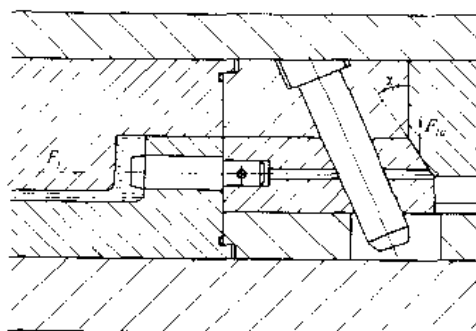


$$F_f = \rho \Sigma A \quad (\text{N})$$

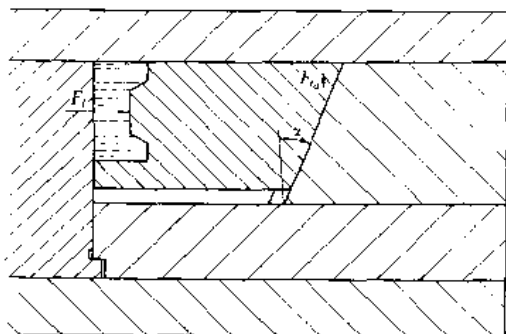
$$p = \frac{4\rho_s}{\pi D_y^2} \quad (\text{Pa})$$

$$F_{fa} = \rho \Sigma A_1 \tan \alpha \quad (\text{N})$$

式中 F_f 所需压铸机锁模力 (N);
 K 系数, 一般取 1~1.3, 薄壁复杂件取大值;
 F_{f_1} 压铸时的反压力 (N);
 F_{fa} 有横抽芯时作用于滑块楔紧面上的法向反压力 (图 5·4-1) (N);
 ρ 压铸机压射比压 (表 5·4-3) (Pa);



a)



b)

图 5·4-1 滑块楔紧面上的法向反压力

a) 斜销抽芯 b) 滑块抽芯

表 5·4-3 各种合金常用压射比压

(10^4Pa)

压铸合金	铸件壁厚 < 3mm		铸件壁厚 3~6mm	
	形状简单	形状复杂	形状简单	形状复杂
锌合金	1960~2940	2940~3920	3920~4900	4900~5800
铝合金	2450~3430	3430~4410	4410~5800	5800~6860
镁合金	2940~3920	3920~4900	4900~5800	5800~7840
铜合金	3920~4900	4900~5880	5800~6860	6860~7840

注: 1. 强度、致密度要求高的铸件, 选用大的值。

2. 大多数压铸机的压射力可调节, 因此压室直径确定后, 通过调节压射力可得到所要求的压射比压。

ΣA ——铸件、浇注系统、余料、溢流槽在分型面上投影面积的总和 (m^2);

ρ_s ——压铸机压射力 (N);

D_y ——压室直径 (m);

ΣA_1 ——活动型芯成型端面的投影面积总和 (m^2);

α ——楔紧块的楔紧角 (图 5·4-1) ($^\circ$).

2·1·2 压室容量的核算

通常压铸机有几个不同直径的压室供选用, 当压铸机初步选定后, 确定压室直径时用下式核算:

$$G_y > \Sigma G = \Sigma V \rho / 1000$$

式中 G_y ——压室额定容量的金属液质量 (kg);

ΣG ——每次浇注的金属液总质量 (kg);

ΣV ——每次浇注的金属液总体积, 即铸件、浇注系统、余料、溢流槽等体积的总和 (cm^3);

ρ ——合金的密度 (g/cm^3). 锌合金 6.3~6.7;

铝合金 2.6~2.7; 镁合金 1.7~1.8; 铜

合金 8.3~8.5.

2·1·3 模具合模及开模距离校核

模具的设计应适应所选用压铸机的最小合模距离 S_{\min} 和最大开模距离 S_{\max} (图 5·4-2). 为保证安装和合模紧密, 模具厚度应符合下式:

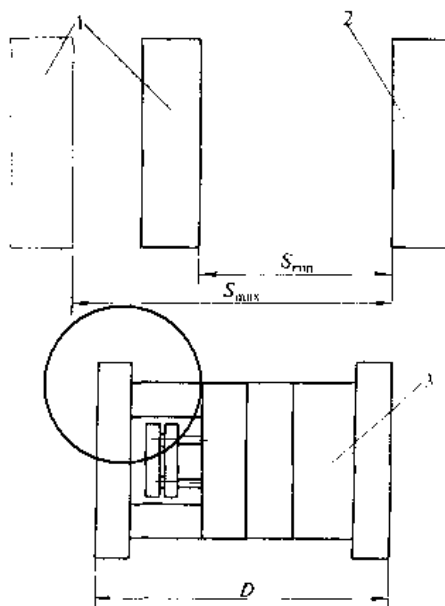


图 5·4-2 最小合模距离和最大开模距离

1—压铸机活动工作台 2—压铸机固定工作台 3—模具



$$S_{\min} + K \leq D \leq S_{\max} - K$$

式中 D ——模具厚度。如若使用通用模座，应包括通用模座厚度 (mm)；

K 安全值，一般取 10mm。

为保证开模后铸件能顺利取出，用下式校核最大开模距离与模具厚度 (图 5-4-3)：

$$S_K < S_{\max} - (D_1 + D_2)$$

式中 S_K 取出铸件 (包括浇注系统余料) 所需最小距离 (mm)。

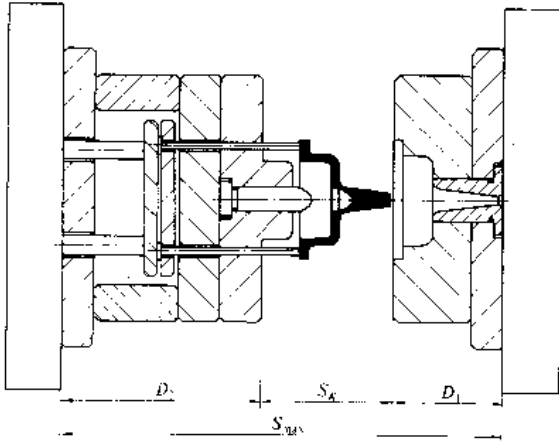


图 5-4-3 开模取出铸件的距离

2.2 压铸模基本结构形式

2.2.1 热压室压铸机用压铸模 (图 5-4-4)

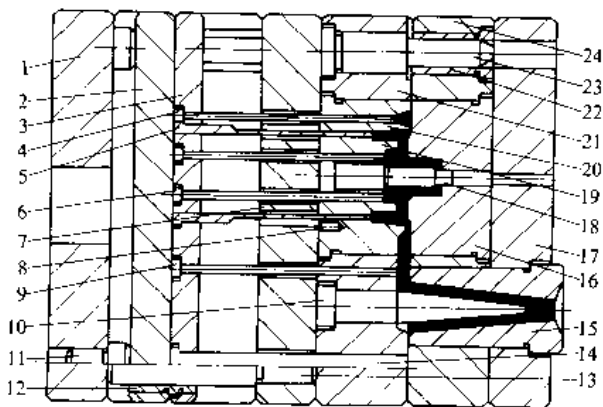


图 5-4-4 热压室压铸机用压铸模

- 1—动模座板 2—推板 3—推杆固定板 4、6、9—推杆
5—扇形推杆 7—支承板 8—止转销 10—分流锥
11—限位钉 12—推板导套 13—推板导柱
14—复位杆 15—浇口套 16—定模镶块
17—定模座板 18—型芯 19、20—动模镶块 21—动模套板 22—导套
23—导柱 24—定模套板

2.2.2 卧式冷压室压铸机用压铸模 (图 5-4-5)

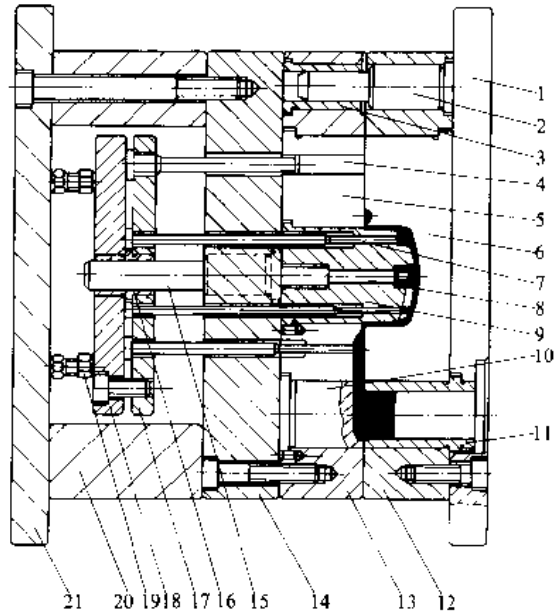


图 5-4-5 卧式冷压室压铸机用压铸模

- 1—定模座板 2—导柱 3—导套 4—复位杆 5—动模镶块
6—定模镶块 7—推杆 8、9—型芯 10—导流块
11—浇口套 12—定模套板 13—动模套板 14—支承板
15—推板导柱 16—推板导套 17—推杆固定板
18—推板 19—限位螺栓 20—垫块 21—动模座板

2.2.3 立式冷压室压铸机用压铸模 (图 5-4-6)

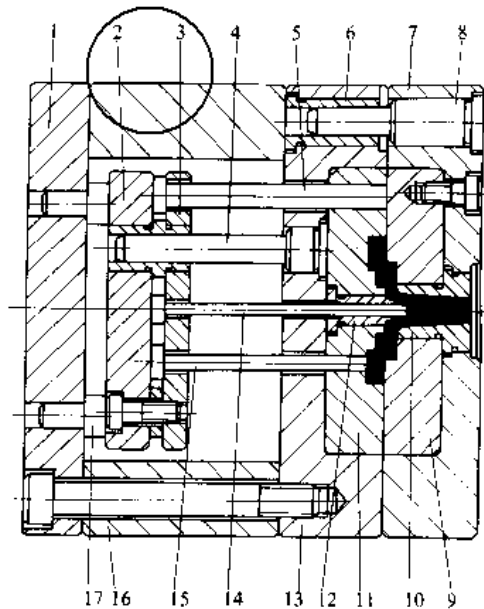


图 5-4-6 立式冷压室压铸机用压铸模

- 1—动模座板 2—推板 3—推杆固定板 4—推板导柱
5—复位杆 6—导套 7—定模套板 8—导柱 9—定模镶块
10—浇口套 11—动模镶块 12—分流锥
13—动模套板 14、15—推杆 16—垫块
17—限位钉



2.2.4 全立式压铸机用压铸模 (图 5.4-7)

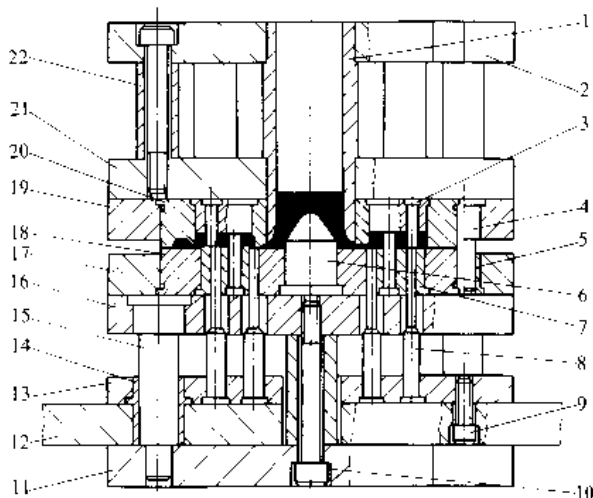


图 5.4-7 全立式压铸机用压铸模

- 1 压室 2—座板 3—型芯 4—导柱 5—导套 6—分流锥 7、18—动模镶块 8—推杆 9、10—螺钉 11—动模座板 12—推板 13—推杆固定板 14—推板导套 15—板导柱 16—支承板 17—动模套板 19—定模套板 20—定模镶块 21—定模座板 22—支承柱

2.3 压铸模设计

2.3.1 分型面选择

压铸件要从模具内取出,以及为了安放嵌件、取出浇口,将模具适当地分成两个或若干个主要部分,这两个或若干个可分离部分的接触面称为分型面。图 5.4-

8为不同的分型面设置。分型面一经确定,将对下列方面产生很大影响。

- (1) 确定了动、定模所包含的成型部分,从而明确了因分型面而产生在铸件上的痕迹位置。确定了铸件上拔模斜度方向、采用推杆或推管时所产生的痕迹位置。
- (2) 浇道的布置、内浇口位置和导流方式。
- (3) 排溢系统的布置、排气条件的好坏、铸件推出采取的方式。
- (4) 铸件的外观质量和修整方法。
- (5) 很大程度上决定了模具的大致结构。
- (6) 对生产中如何清理模具、能否正常生产以及使用寿命有较大影响。

1. 分型面的类型 图 5.4-9 为各种类型的分型面。图中 a 的分型面为一平面、图 b 为一斜面、图 c 为阶梯形、图 d 为曲面、图 e 有两个分型面、图 f 有一个水平分型面和一个垂直分型面。

2. 分型面选择要点 选择分型面应综合考虑各个方面,注意下列几点:

- (1) 开模时,铸件应能脱出定模,随动模移动。
- (2) 应有利于保证铸件精度(图 5.4-10b)。
- (3) 分型面尽量设在金属液流动的末端,以保证良好的溢流和排气条件(图 5.4-11b)。
- (4) 应有利于铸件取出,一般选在铸件外形轮廓最大断面处。
- (5) 尽量采用平直分型面,简化模具制造。

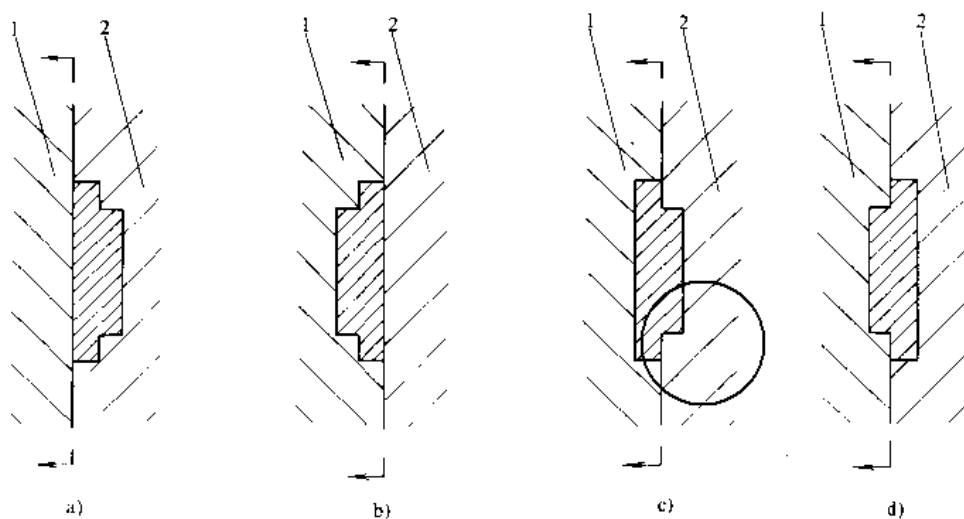


图 5.4.8 分型面的设置

- a) 型腔在定模内 b) 型腔在动模内 c)、d) 动、定模中均有型腔
- 1—动模 2 定模



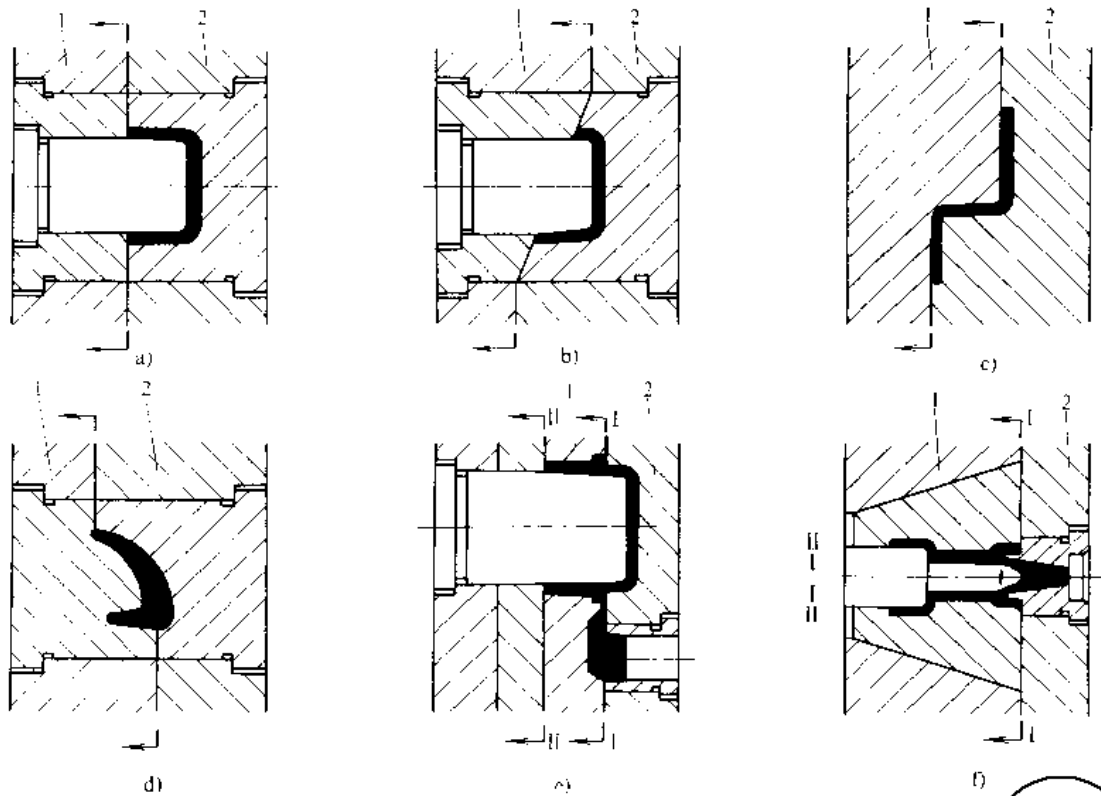
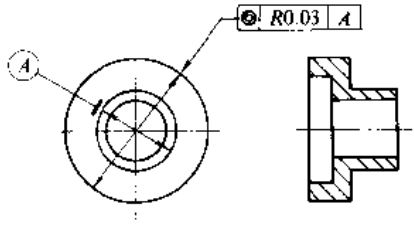
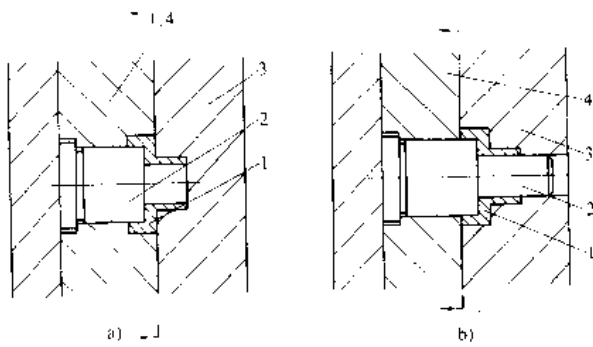


图 5-4-9 分型面类型
1—动模 2—定模



铸件图

图 5-4-10 按精度要求选分型面

1—铸件 2—型芯 3—定模 1—动模

- (6) 尽量选择铸件需加工的面作为分型面。
- (7) 尽量避免或减少使用横抽芯机构。
- (8) 根据铸件材料选用不同的分型面。如图 5-4-

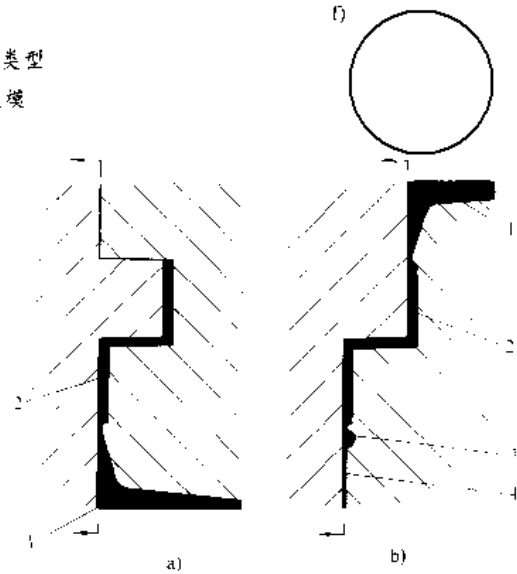


图 5-4-11 按溢流和排气要求选分型面

1—浇道 2—铸件 3—溢流槽 4—排气槽

12 所示细长管状件，I-I 分型面适用于锌合金压铸，II-II 分型面则适用于钢或铝合金。

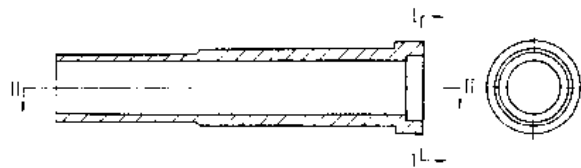


图 5-4-12 不同材料选用不同分型面



(9)根据铸件外观要求,不允许留有分型面痕迹和推杆痕迹的平面不作分型面。尚应考虑脱模斜度对外观和使用的影响,毛刺产生的方向,去毛刺后对外观的影响。

2.3.2 浇注系统设计

压铸过程中,金属液在压力作用下填充入模具型腔的通道称为浇注系统。它对金属液进入型腔的流动方

向、排气条件、压力传递、流速、填充时间等起重要的调节和控制作用,是决定铸件质量的十分重要的因素。

1. 浇注系统的组成 浇注系统主要由直浇道、横浇道、内浇口组成。图5.4-13为各类压铸机通常采用的形式。

2. 浇注系统形式及特点 浇注系统的形式应根据不同的铸件要求和选用的压铸机确定。主要形式见表5.4-4。

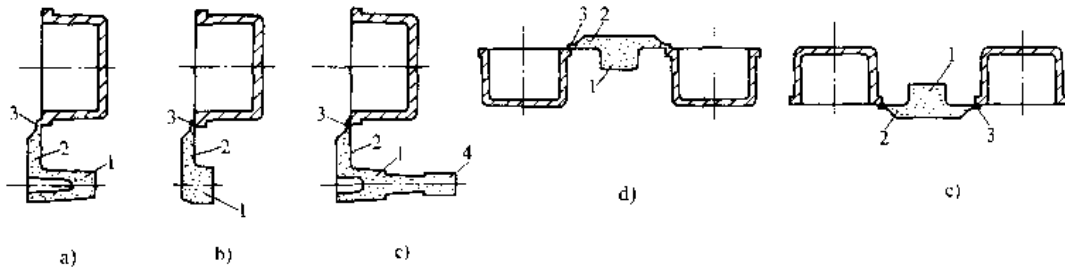


图5.4-13 各类压铸机用的浇注系统

a) 热压室压铸机用 b) 卧式冷压室压铸机用 c) 立式冷压室压铸机用 d) 全立式(压射冲头向上)压铸机用

e) 全立式(压射冲头向下)压铸机用

1—直浇道 2—横浇道 3—内浇口 4—余料

表5.4-4 浇注系统形式及特点

(续)

形式	简图	特点	形式	简图	特点
侧浇口		一般设在外侧面,铸件内孔有足够位置时可布置在内侧。应用最广、适应性强;除浇口方便,单型腔、多型腔模具均适用	顶浇口		直接在铸件顶部开设浇口,不设分流锥 金属液流程短,分型面上投影面积小,模具结构紧凑,便于排气和热平衡 金属液直接冲击型芯,该部位易产生开裂和加速磨损,铸件有时会产生变形、缩凹,除浇口较困难
中心浇口		铸件中心处有足够大的孔时,浇口设置在通孔上,同时设置分流锥 应用较广,金属液流程短,分型面上投影面积小,模具结构紧凑,便于排气和热平衡。适用于单型腔模具	缝隙浇口		内浇口设在型腔深处,呈长条缝隙状,金属液能顺序充填,使深腔的排气条件改善 增加了模具制造复杂程度,除浇口较困难



(续)

(续)

形式	简图	特点	形式	简图	特点
环形浇口		<p>一般用于圆筒形铸件的模具。金属液流动畅顺、平稳,避免了正面冲击型芯,排气条件良好,铸件的表面和内部质量好,模具使用寿命长。</p> <p>模具制造增加了些困难,增加了浇注系统金属消耗量、去除浇口困难。</p>	点浇口		<p>浇口设在铸件端面,浇口呈点状(直径为3mm左右),常用于外形对称的薄壁铸件。金属液流程短且均匀,压铸机受力均衡,但压力损失较大。浇口正对面型芯易产生粘模现象和过早出现冲蚀,模具结构较复杂。</p>
切线浇口		<p>一般用于环形铸件,多用于中小件,避免了金属液正面冲击型芯,减少了流动阻力,易于充填。</p>	<p>3. 直浇道的设计 各类压铸机用模具的直浇道设计见表5-4-5。</p> <p>4. 横浇道的设计</p> <p>a. 横浇道的形式 横浇道的形式往往取决于铸件的形状与大小、模具中型腔分布状态以及内浇口的位置、形状。图5-4-14为通常采用的形式。</p>		

表 5-4-5 各类压铸机用模具的直浇道设计

使用压铸机类型	直浇道简图	设计数据
热压室压铸机	<p>1-压铸机喷嘴 2-模具分流锥</p>	<p>直浇道环形断面壁厚:</p> <p>小铸件取 $h=2\sim3\text{mm}$</p> <p>中铸件取 $h=3\sim5\text{mm}$</p> <p>$\alpha=2^\circ\sim6^\circ$</p> <p>分流锥顶部 $R=2\sim5\text{mm}$</p> <p>$d=d_1-1\text{mm}$</p>
卧式冷压室压铸机	<p>1-模具浇口套</p>	<p>D 根据所选用压铸机的压室直径确定</p> <p>$H=(1/2\sim1/3)D$</p> <p>$\alpha=1^\circ30'\sim2^\circ$</p>



(续)

使用压铸机类型	直 浇 道 简 图	设 计 数 据
立式冷压室压铸机	<p>1- 压铸机冲头 2- 压铸机喷嘴 3- 模具浇口套 4- 模具分流锥</p>	<p>直浇道由压铸机上的喷嘴和模具上的浇口套组成 分流锥处环形通道的截面积一般为喷嘴入口直径的1.2倍左右。分流锥底部直径d_3一般可按式计算</p> $d_3 = \sqrt{d_2^2 - (1.1 \sim 1.3) d_1^2} \text{ (mm)}$ $(d_2 - d_3) / 2 \geq 3 \text{ (mm)}$ $d_4 = d_1 - 1 \text{ (mm)}$ $d_5 = d_5 + 1 \text{ (mm)}$ $d_6 = d_6 + 1 \text{ (mm)}$

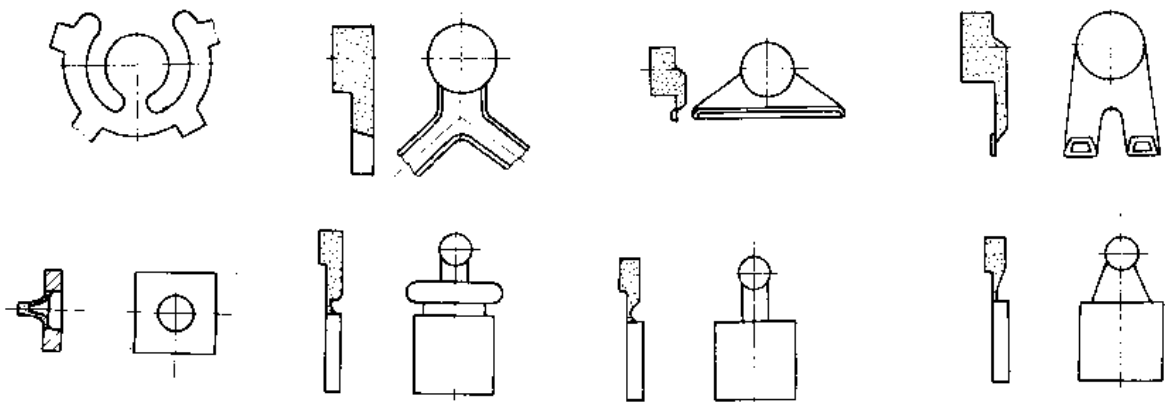


图 5-4-14 常用的横浇道形式

卧式冷压室压铸机用的模具，其横浇道必需开设在直浇道的上方，以防止压射前金属液自动流入型腔。

b. 横浇道的截面形状 横浇道大多采用梯形断面，如图 5-4-15 所示。

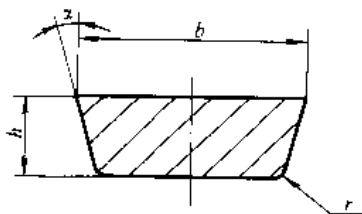


图 5-4-15 横浇道断面形状

梯形断面浇道散热快、加工方便、脱模容易。浇道断面长边尺寸 b 根据铸件形状、大小而定，厚度 h 取铸

件平均厚度1.5倍以上。 a 取 $5^\circ \sim 15^\circ$ 。 r 取1.5~3mm。

5. 内浇口设计 内浇口是指金属液进入型腔前的最后一小段被缩小了断面积的通道。其位置、方向、大小对金属液进入型腔后的方向、流速、压力都有极大的影响，因此内浇口设计是非常重要的。

a. 内浇口的形式 内浇口常用的形式如图 5-4-16 所示。

b. 内浇口尺寸 内浇口的厚度、宽度及长度尺寸可由表 5-4-6 及表 5-4-7 选用。

6. 卧式压铸机采用中心浇口的结构 常用的结构形式列举如下：

(1) 利用开模过程扭断余料(图 5-4-17)。开模时，由于浇口套内孔设有螺旋槽，在压铸机冲头推力作用下，余料推出时旋转，余料与直浇道间被扭断。螺旋槽一般开设 2~3 条，螺旋角一般 $< 20^\circ$ 。



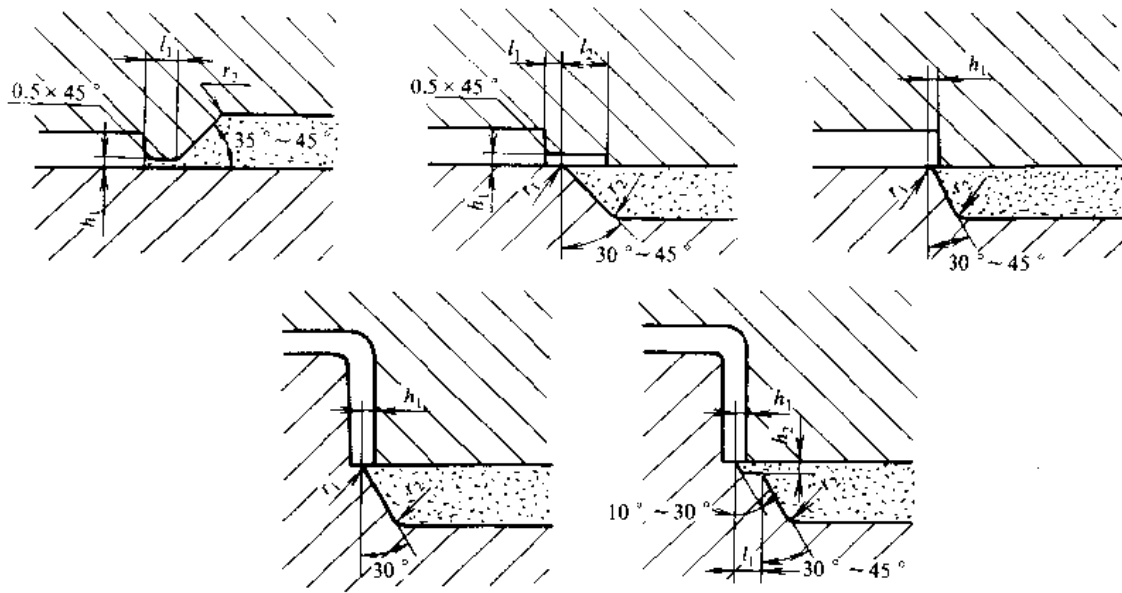


图 5-4-16 内浇口形式

表 5-4-6 内浇口厚度经验数据 (mm)

铸件壁厚	0.6~1.5		1.5~3.0		3~6		>6
	复杂件	简单件	复杂件	简单件	复杂件	简单件	
合金种类	内 浇 口 厚 度						为铸件壁厚的百分数 (%)
铅、锡合金	0.4~0.8	0.4~1.0	0.6~1.2	0.8~1.5	1.0~2.0	1.5~2.0	20~40
锌合金	0.4~0.8	0.4~1.0	0.6~1.2	0.8~1.5	1.0~2.0	1.5~2.0	20~40
铝、镁合金	0.6~1.0	0.6~1.2	0.8~1.5	1.0~1.8	1.5~2.5	1.8~3.0	40~60
铜合金		0.8~1.2	1.0~1.8	1.0~2.0	1.8~3.0	2.0~4.0	40~60

表 5-4-7 内浇口宽度和长度经验数据 (mm)

浇口进口部位铸件形状	内浇口宽度	内浇口长度	注
矩形或方形板件	$(0.6 \sim 0.8) L$	1.5~3	L—铸件边长 D—铸件外径
圆形板件	$(0.4 \sim 0.6) D$		
圆环件、圆筒件	$(0.25 \sim 0.3) D$		
方框件	$(0.6 \sim 0.8) L$		



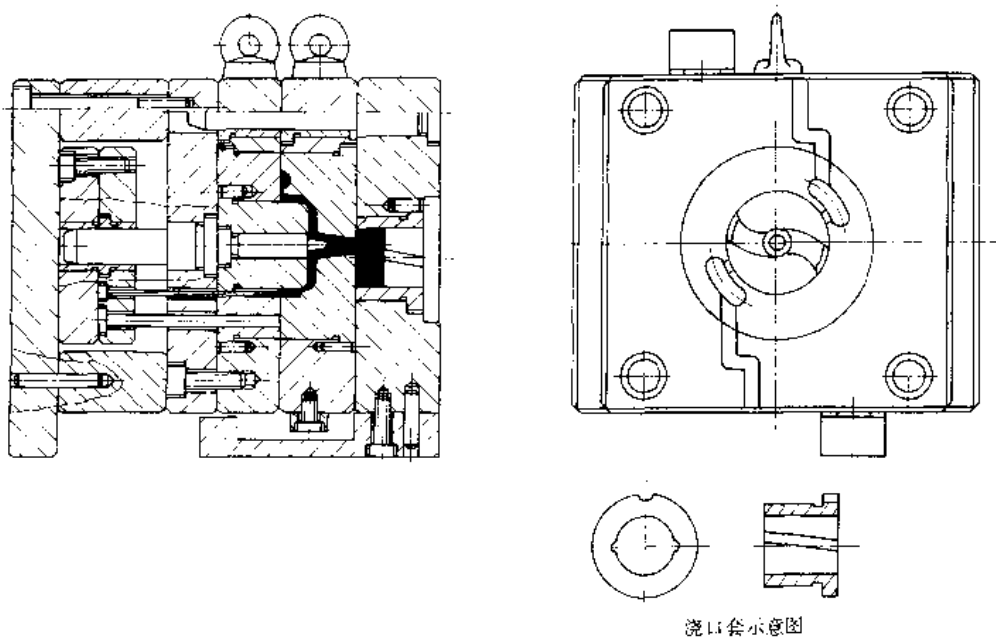


图 5-4-17 开模时拉断余料的中心浇口

(2) 利用斜销切断余料 (图 5-4-18)。开模时, 由于铸件对动模型芯产生包紧力和压射冲头推出余料的动作, 分型面 1 首先分开, 斜销 3 推动滑块 1 和切刀 2 将余料切断。

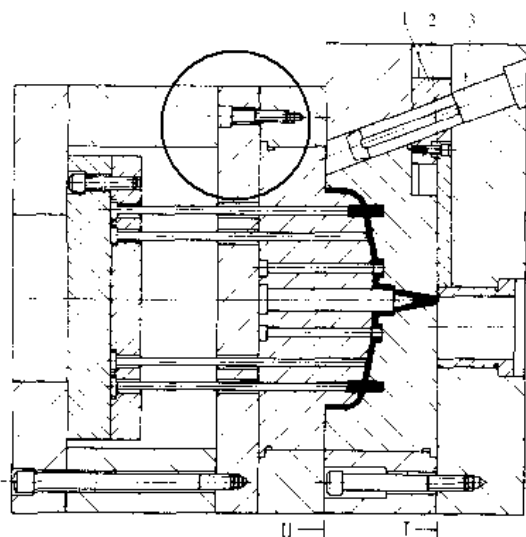


图 5-4-18 开模时利用斜销切断余料的中心浇口

1—滑块 2—切刀 3—斜销

(3) 利用液压缸装置切断余料。以液压缸代替斜销, 推动切刀切断余料。

7. 溢流槽和排气槽设计 为在压铸过程中排除气体、涂料余浆、冷金属以提高铸件质量、消除或减少铸件缺陷 (如冷隔、气孔、夹渣、缩孔、残缺等) 和

改善模具的热平衡, 常需在模具上设置溢流槽和排气槽。

a. 溢流槽设计

(1) 溢流槽的形式。溢流槽在模具分型面上的形状如表 5-4-8 所示。溢流槽在模具动、定模上的位置见图 5-4-19。

表 5-4-8 溢流槽的形状

溢流槽在分型面上的投影形状		截面形状

溢流槽截面为半圆形, 一般不设推杆。开设在动模上的梯形截面溢流槽常设推杆。大容量溢流槽采用图 5-4-19d 形式。

(2) 溢流槽尺寸 (表 5-4-9)。

图 5-4-20 所示溢流槽尺寸可参照表 5-4-9, 其中 $r_1 = 2 \sim 5\text{mm}$; $r_2 = 1.5 \sim 3\text{mm}$ 。



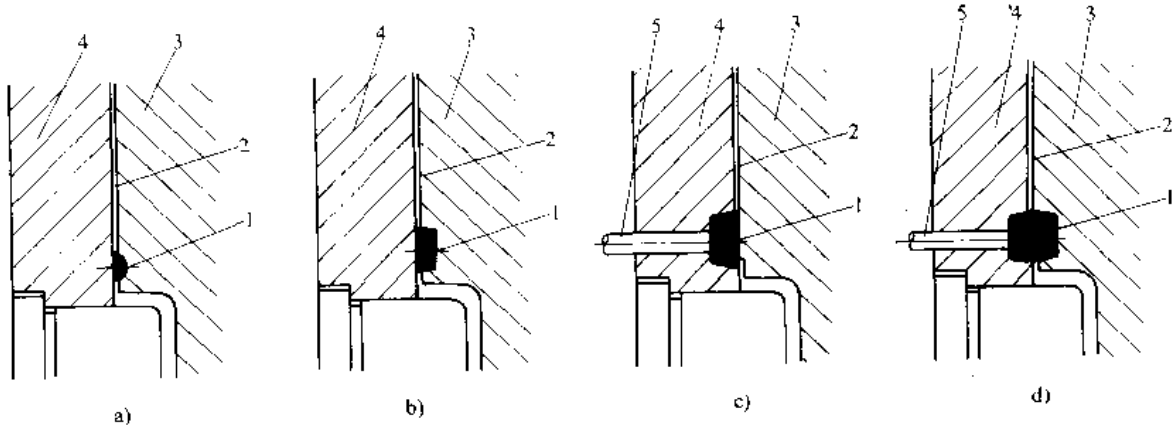


图 5-4-10 溢流槽在动、定模中的位置

1—溢流槽 2—排气槽 3—定模 4—动模 5—推杆

表 5-4-9 溢流槽尺寸

(mm)

参 数	铝合金 锌合金 锡合金	铝合金 镁合金	铜合金
	溢流口宽度 b	6~12	8~12
溢流口长度 l	2~4		
溢流口深度 h_1	0.4~0.5	0.5~1	0.6~1.2
溢流槽半径 R	4~6	5~10	6~12
溢流槽深度 h_2	$(R-1) \sim (R-2)$		
溢流槽长度中心距 S	$> (1.5 \sim 2) h$		

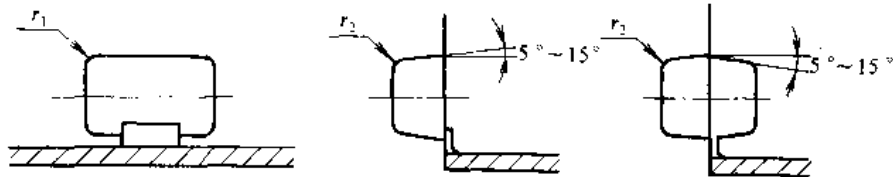
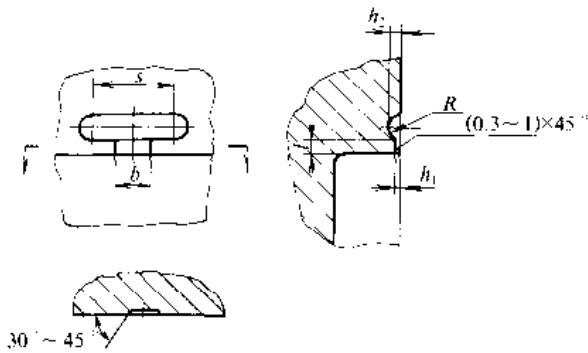


图 5-4-20 溢流槽

(3) 溢流槽位置。溢流槽尽可能设置在：

1) 金属液最后填充的部位，如图 5-4-21 所示。

2) 遇有型芯阻碍而使金属流分为两股或两股以上

时，在型芯附近应设溢流槽（图 5-4-22）。

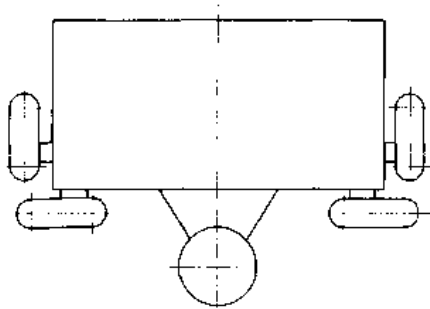


图 5-4-21 溢流槽设在金属液最后填充的部位

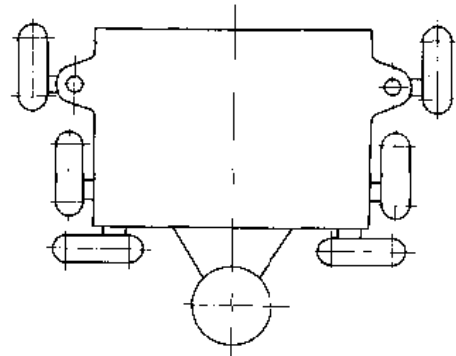


图 5-4-22 型芯附近设溢流槽



3) 铸件壁厚过薄难以充填的部位、铸件壁厚过厚易产生缩孔和疏松的部位。

4) 型腔温度较低的部位。

5) 排气条件不良的部位。

6) 金属液汇合处。

7) 浇口两侧或金属液不能直接充填的死角区域。

b. 排气槽设计 排气槽一般与溢流槽设置相配合,设在溢流槽尾部以加强溢流和排气效果。有时,也可在型腔的必要部位单独设排气槽。

推杆及滑块等活动部位的间隙也具有排气作用。

(1) 排气槽形式(表5·4-10)。

(2) 排气槽尺寸(表5·4-11)。

表 5·4-10 排气槽形式

形式	简图	说明
分型面上布置排气槽		在分型面上直接从型腔引出排气槽 也可在溢流槽尾端设置排气槽
利用推杆配合间隙的排气方式		利用推杆配合间隙 (一般,配合采用 $\frac{H7}{e8}$ 或 $\frac{H7}{f8}$) 排气或在推杆上开排气槽
利用型芯配合间隙的排气方式		对细长型芯有加固作用,但排气效果较差

表 5·4-11 排气槽尺寸 (mm)

合金类别	排气槽深度	排气槽宽度	说明
铝合金	0.05~0.10	8~25	1. 排气槽在距离型腔 20~30mm 后,可将其深度增大至 0.3~0.4mm,以提高排气效果 2. 排气槽的总截面积,一般不小于内浇口截面积的 50%,但不得超过内浇口截面积 3. 需增加排气槽总截面积时,以增大排气槽宽度和槽数为宜,不宜过份增大其厚度 4. 气体从排气槽离开模具的方向不应直接指向生产操作者的位置,以确保安全生产
锌合金	0.05~0.12		
铝合金	0.10~0.15		
镁合金	0.10~0.15		
铜合金	0.15~0.20		

2.3.3 成型零件设计

成型零件是指在模具中构成铸件形状的部分,它与熔融金属直接接触。

1. 成型零件结构形式

a. 整体式(图 5·4-23) 型腔和型芯在模板上直接加工出来。无动、定模套板,导向零件也设在模板上。这种结构适用于型腔较浅、单型腔、小型,型腔易

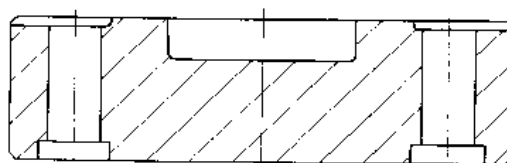


图 5·4-23 整体式型腔(型腔部分)

加工,生产批量小,允许不热处理的模具。有时由于受压铸机拉杆距离的限制而不允许模具外形尺寸过大



时,也有采用整体的。

b. 镶拼式(图 5·4-24)。型芯和型腔件作为镶件安装在动、定模套板内,这种形式称为镶拼式。

由于镶件尺寸相对较小,所以加工方便、利于热处理、易于调换,常用于多型腔、深型腔、大型、复杂的模具。使用最广泛。

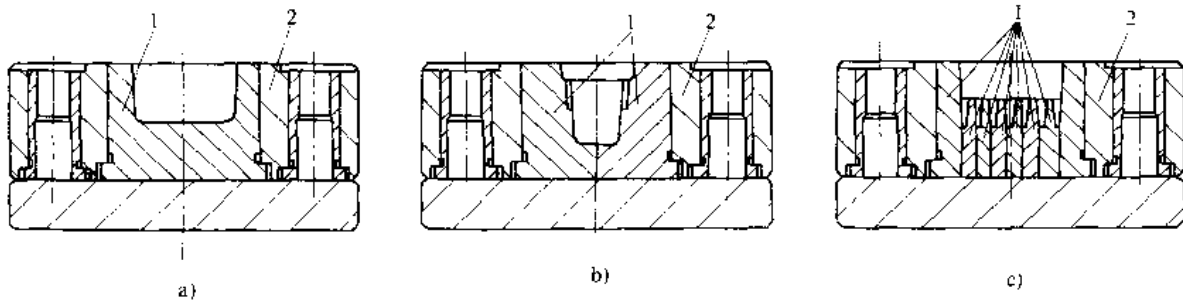


图 5·4-24 镶拼式型腔

1—镶件 2—套板

2. 成型零件尺寸计算 成型零件尺寸直接影响铸件尺寸,除此之外,影响铸件尺寸的还有:(1)铸件形状、(2)合金收缩率误差、(3)压铸机性能、(4)压铸工艺、(5)模具结构、(6)模具制造精度、(7)模具工作温度、(8)模具磨损等。

a. 各种合金压铸件的计算收缩率 确定成型零件尺寸应考虑合金冷却收缩引起的尺寸变化。各种合金铸件的计算收缩率见表 5·4-12。

收缩率的选取应遵循如下规律:

- (1) 铸件形状复杂、型芯多,阻碍收缩大时,收缩率取小值。
- (2) 薄壁铸件收缩率取小值,厚壁铸件取大值。
- (3) 铸件包裹成型零件时,径向尺寸为受阻方向,

收缩率较小。轴向尺寸为自由收缩,收缩率较大。

(4) 有嵌件的铸件,包容嵌件的部位受阻,收缩率较小。

b. 尺寸计算 成型零件尺寸计算公式见表 5·4-13。

表 5·4-12 铸件的计算收缩率 (%)

合金类别	φ	
	自由收缩	受限收缩
铅、锡合金	0.40~0.50	0.30~0.40
锌合金	0.50~0.65	0.40~0.60
铝合金	0.50~0.75	0.45~0.65
镁合金	0.60~0.85	0.50~0.75
铜合金	0.70~1.00	0.60~0.85

表 5·4-13 成型零件尺寸计算公式

(mm)

尺寸类型	计算公式	代号注释
型腔尺寸	$D = (D_z + D_z \varphi - \frac{2}{3} \Delta) - \delta$ $H = (H_z - H_z \varphi - \frac{2}{3} \Delta) + \delta$	D—型腔径向尺寸 H—型腔深度尺寸 D _z —铸件外形径向最大极限尺寸 H _z —铸件外形高度最大极限尺寸 φ—计算收缩率(见表 5·4-12) Δ—铸件基本尺寸的公差 δ—模具成型零件尺寸的制造公差,一般取(1/5~1/3)Δ
型芯尺寸	$d = (d_z + d_z \varphi + \frac{2}{3} \Delta) - \delta$ $h = (h_z + h_z \varphi + \frac{2}{3} \Delta) - \delta$	d—型芯径向尺寸 h—型芯高度尺寸
中心距尺寸	$S = (S_z - S_z \varphi) - \delta$	d _z —铸件内形径向最小极限尺寸 h _z —铸件内形深度最小极限尺寸 S—模具成形部分中心距尺寸 S _z —铸件中心距尺寸
与分型面有关的尺寸	H', h' 受分型面影响,按上述公式计算后减去 0.05~0.15mm	

2·3·4 结构零件设计

1. 动、定模套板 动、定模套板有两种形式,一

种是镶件孔为不通的沉孔(图 5·4-25a),另一种是镶件孔为通孔(图 5·4-25b)。

沉孔形式的套板,动、定模的组成零件少、结构紧



凑、刚性好。但要保证动、定模套板沉孔相对位置精度，加工难度较大。

通孔形式的套板，加工工艺性好。但必须用支承板或座板支承，增加了零件。设计时应充分注意套板和支承板的刚性，以防受压变形影响铸件尺寸。多型腔利用

组合镶件的模具较多采用此种形式。

套板一般承受拉伸、弯曲、压缩三种应力。其形变将影响型腔尺寸及模具使用寿命。因此在考虑套板尺寸时，应兼顾模具结构和压铸生产工艺等因素。

动、定模套板边框厚度推荐尺寸见表 5-4-14。

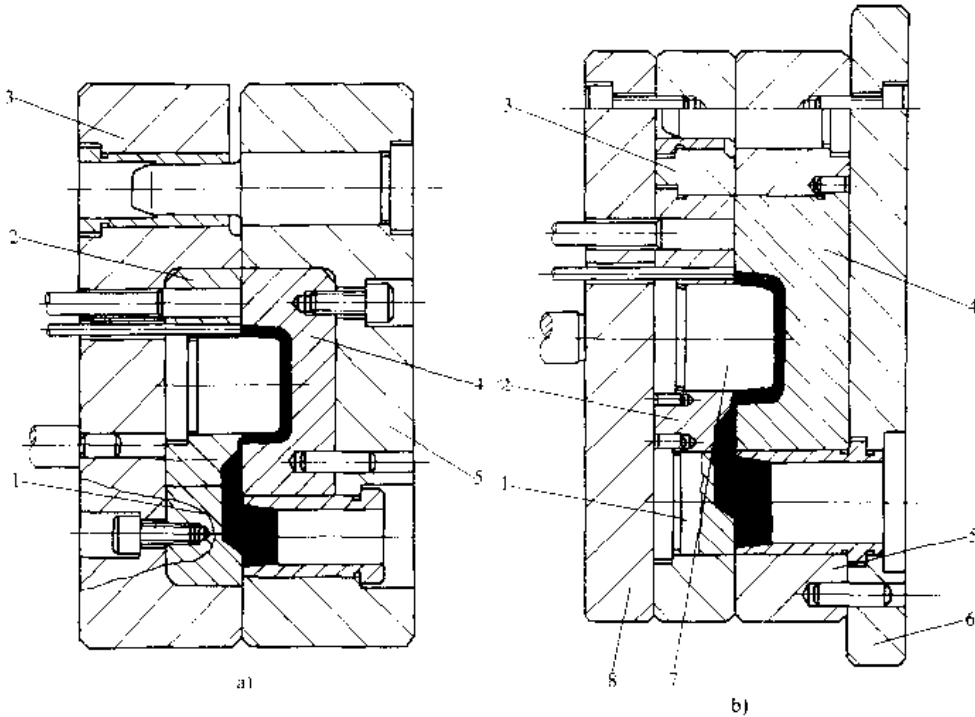


图 5-4-25 动、定模套板

1—导流块 2—动模镶块 3—动模套板 4—定模镶块 5—定模套板 6—定模座板 7—型芯 8—支承板

表 5-4-14 套板推荐尺寸 (mm)

型腔侧面尺寸 $A \times B$	套板边框厚度		
	d_1	d_2	d_3
$< 80 \times 35$	40~50	30~40	50~65
$< 120 \times 45$	45~65	35~45	60~75
$< 160 \times 50$	50~75	45~55	70~85
$< 200 \times 55$	55~80	50~65	80~95
$< 250 \times 60$	65~85	55~75	90~105
$< 300 \times 65$	70~95	60~85	100~125
$< 350 \times 70$	80~110	70~100	120~140
$< 400 \times 100$	100~120	80~110	130~160
$< 500 \times 150$	120~150	110~140	140~180
$< 600 \times 180$	140~170	140~160	170~200
$< 700 \times 190$	160~180	150~170	190~220
$< 800 \times 200$	170~200	160~180	210~250



圆形套板的边框厚度 (图 5·4-26) 计算如下:

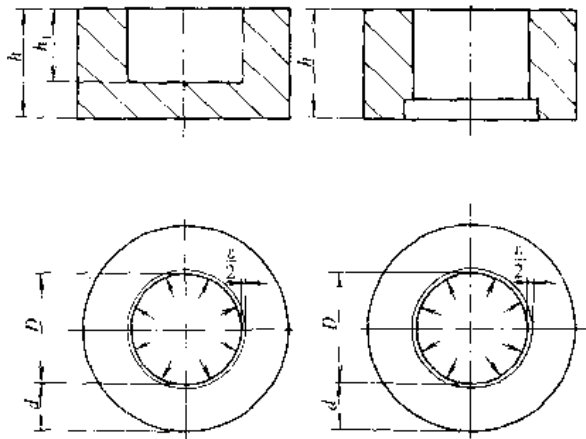


图 5·4-26 圆形套板的边框厚度

内孔为沉孔时:

$$d \geq \frac{Dph_1}{2[\sigma]h} \quad (\text{m})$$

内孔为通孔时:

$$d \geq \frac{Dp}{2[\sigma]} \quad (\text{m})$$

受载时单面变形量 $\epsilon/2$ 按下式计算:

$$\frac{\epsilon}{2} = \frac{D^2 p}{4bE} \quad (\text{m})$$

式中 d —套板边框厚度 (m);

D —套板内径 (m);

p —压射比压 (见表 5·4-3) (Pa);

h_1 —沉孔深度 (m);

$[\sigma]$ —许用应力 (Pa), 一般取 $(784 \sim 980) \times 10^5 \text{Pa}$, 45 钢调质后取 $(196 \sim 245) \times 10^6 \text{Pa}$;

h —套板厚度 (m);

ϵ —弹性变形量 (m);

E —弹性模数, 一般取 $(2.1) \times 10^{11} \text{Pa}$ 。

矩形套板边框厚度 (图 5·4-27) 计算公式如下:

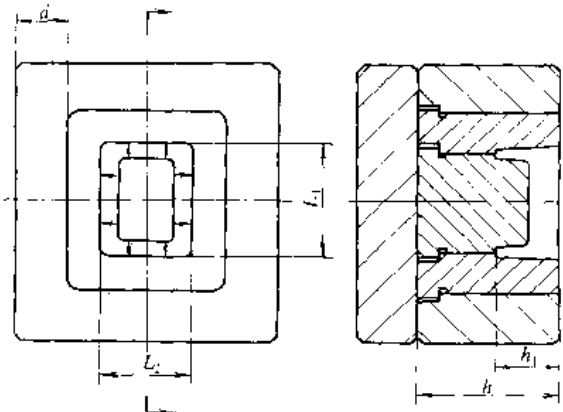


图 5·4-27 矩形套板边框厚度

$$d \geq \frac{F_2 + \sqrt{F_2^2 - 8h[\sigma]F_1L_1}}{4h[\sigma]} \quad (\text{m})$$

$$F_1 = ph_1L_1 \quad (\text{N})$$

$$F_2 = ph_1L_2 \quad (\text{N})$$

式中 d —套板边框厚度 (m);

F_1 —长边侧面承受的总压力 (N);

F_2 —短边侧面承受的总压力 (N);

h —套板厚度 (m);

h_1 —型腔深度 (m);

L_1 —型腔长边尺寸 (m);

L_2 —型腔短边尺寸 (m);

$[\sigma]$ —许用应力 (见圆形套板计算公式) Pa;

p —压射比压 (Pa)。

2. 支承板 支承动模套板用的支承板, 其厚度当铸件分型面投影面积大、压射比压大或垫块间距大时取较大值。或采取在支承板与动模座板之间增设支柱 (图 5·4-28a 和 b), 或借助推板导柱 (图 5·4-28c) 支

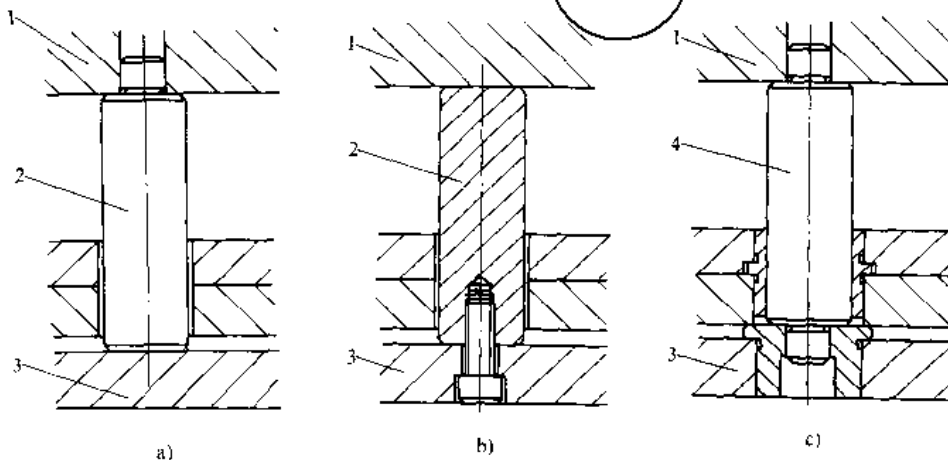


图 5·4-28 支承板的加强

1—支承板 2—支柱 3—动模座板 4—推板导柱



撑以减少工作状态下支承板的变形。

支承板厚度可用下公式(图5·4-29)计算:

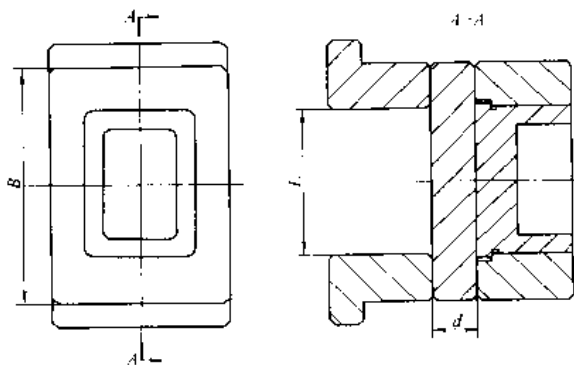


图 5·4-29 支承板厚度

$$d \geq \sqrt{\frac{FL}{2B[\sigma]_w}} \quad (\text{m})$$

$$F = pA \quad (\text{N})$$

- 式中 d ——支承板厚度 (m);
 F ——支承板承受的总压力; (N);
 L ——垫块间距 (m);
 B ——支承板长度 (m);
 $[\sigma]$ ——许用抗弯强度 (Pa), 一般取 (980~1176) $\times 10^5$ Pa;
 p ——压射比压 (Pa);
 A ——铸件在分型面上的投影面积 (包括浇注系统和溢流槽面积 (m²)).

3. 推出机构 开模时利用推出机构将包紧在型芯上的铸件卸除。推出机构一般均设在动模部分, 极个别的设在定模部分。

常用的推出元件有推杆、推管和推板。在一副模具可单独使用其中一种或同时使用多种。

推出机构的形式和设计可参照塑料注射模的顶出机构 (参见本篇第3章)。

推出铸件的推出力应大于铸件包紧力。

影响包紧力的因素很多。包紧的表面积愈大、包紧部分断面形状愈复杂、铸件壁厚愈大、合金浇注温度愈高、浇注温度与模具温度的温差愈大、压射比压愈高、留模时间愈长包紧力愈大。此外, 模具表面光滑程度、拔模斜度大小、压铸合金类别对包紧力都有影响。

包紧力 F_b 可按下列经验公式计算

$$F_b = \mu_m Ap + LK \quad (\text{N})$$

- 式中 μ_m ——摩擦阻力的无因次系数; 锌、铝、镁合金为 0.25; 铜合金为 0.35;
 A ——被铸件包紧部位的表面积 (m²);
 p ——挤压应力 (Pa)。锌、镁合金取 735×10^4

Pa; 铝合金取 980×10^4 Pa; 铜合金取 196×10^4 Pa;

L ——被包紧部位的长度 (m);

K ——常数, 由表 5·4-15 选取。

表 5·4-15 常数 K 值

铸件壁厚 (mm)	K ($\times 10^2$ N/m)			
	锌合金	铝合金	镁合金	铜合金
<3	0	0	0	0
3~5	490	686	392	1666
>5	980	1372	784	3332

4. 复位机构 每一压铸循环中, 推出铸件后推出机构必须准确地回复到原位, 这就需要复位机构, 通常是用复位杆实现。

有下列情况, 推出机构需先复位, 亦即在模具完全合模前实现复位。

(1) 推出元件处于推出位置, 合模前影响嵌件的安装。

(2) 合模时推出元件与活动型芯发生干扰。复位机构与先复位机构的形式和设计可参照塑料注射模的同类机构 (参见本篇第3章)。

5. 抽芯机构 参照塑料注射模抽芯机构 (参见本篇第3章)。

2·3·5 模具的预热与冷却

温度是压铸过程的热因素, 为提供良好的填充条件、控制和保持热因素的稳定性, 必须有一个相应的温度规范, 它包括熔融金属的浇入温度和模具温度。因此在工作前应对模具预热, 在工作过程中对模具进行冷却。

模具温度适当, 可以避免熔融金属激冷过剧而失去流动性、可以改善型腔排气条件、可以避免铸件成型后产生大的线收缩而引起裂纹和开裂、可以避免模具因激热而胀裂、可以减少工作时冷热交变的温差应力。

推荐的模具工作温度和预热温度见表 5·4-1。

模具冷却的方法有:

(1) 风冷。即用风扇或压缩空气吹冷。由于模具内不设冷却装置而结构简化。但冷却速度较慢, 生产效率低, 用于小型或简单模具。

(2) 水冷。在模具内开设冷却水通道, 利用循环水 (或直接接上自来水)。水冷比风冷速度快, 控制方便, 使用最广泛。

更为理想的是运用温控技术控制模温。在模具内



设运油管道,利用温控元件,使在工作前通入热油预热模具,工作时若模温偏高时,自动控制通入低温油进行冷却,使模温始终稳定在一定的温度范围内。

3 压铸模工作零件的材料选用与热处理要求 (表 5·4-16)

表 5·4-16 压铸模工作零件的材料选用与热处理要求

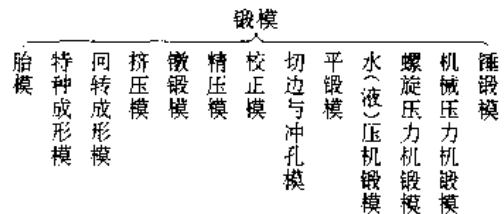
零件名称	选 用 材 料	热 处 理 要 求
型腔镶块 型芯 滑块镶块	压铸铝、铝、锡合金; 4Cr5MoSiV1 (H13); 3Cr2W8V 5CrNiMo; 4CrW2Si	锻造后完全退火 淬硬 44~48HRC
	压铸铝、镁合金; 4Cr5MoSiV1 (H13); 3Cr2W8V 4Cr5Mo2MnVSi (Y10) 3Cr3Mo3VN ₆ (HM ₃)	锻造后完全退火 淬硬 42~46HRC
	压铸铜合金; 3Cr2W8V 3Cr3Mo2MnVN ₆ B (Y4)	锻造后完全退火 淬硬 40~44HRC
浇口套 浇口镶块 分流锥	与型腔块同样选择	锻造后完全退火 淬硬 44~48HRC 必要时再进行表面氮化 500~550HV
推杆	4Cr5MoSiV1 (H13); 3Cr2W8V	淬硬 45~50HRC
复位杆、斜销、楔紧块	T8A	淬硬 50~55HRC

第 5 章 锻 模^{[12]~[16]}

1 锻模分类及设计程序

1.1 锻模分类、特点及用途

锻模是在锻压设备上实现模锻工艺的装备。锻模分类方法较多,我国锻模标准体系将锻模分为 13 类,即:



一副锻模因分类方法不同,会有不同属性,概括起来,锻模分类、特点及用途见表 5·5-1。

表 5·5-1 锻模分类、特点及用途

	单 分 模 面		闭式锻模	多分模面	
	开 式 锻 模	模 面		开式锻模	闭式锻模
分 体 模					
类 镶 块 模					



(续)

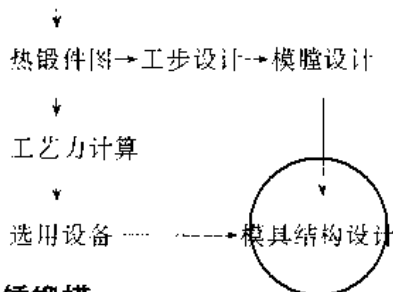
特点	单分模面		多分模面	
	开式锻模	闭式锻模	开式锻模	闭式锻模
特点	一模一个模腔	一模有同一零件的几个相同工步或几个不同工步的模腔	锻件无飞边	一模有几个工步的模腔
用途	用于大锻件锤锻模及中小锻件螺旋压力机锻模, 校正模	用于各类锻件锤锻模及轴类锻件机锻模	用于锤锻模、螺旋压力机锻模	用于短轴类凹档穿孔件或长轴类件平锻模

注: 摘自参考文献 [14] 139 页。

1.2 锻模设计程序

锻模设计是在模锻工艺设计的基础上进行的。通常以下述程序进行:

锻件图 (包括产量、工艺要求)



2 锤锻模

锤锻模是在模锻锤上使坯料成形为模锻件或其半成品的模具。

2.1 锤锻模结构形式

锤锻模以整体结构为主, 如图 5.5-1 所示, 由上模体 6 和下模体 1 组成, 在其承击面上布置模腔。承击能

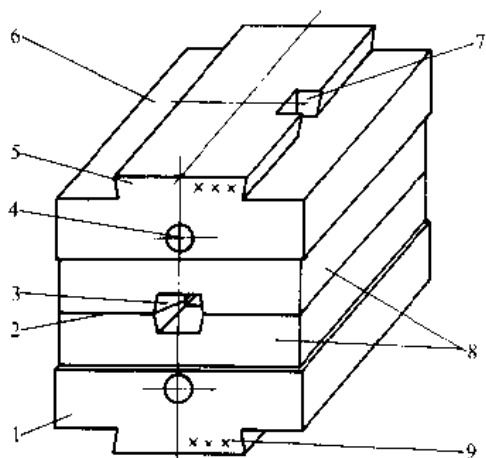


图 5.5-1 锤锻模

- 1—下模体 2—承击面 3—袖口 4—起吊孔 5—燕尾
- 6—上模体 7—键槽 8—检验面 9—标记

力强, 用于大批量生产。

为节约模具钢, 也采用镶块锻模, 如图 5.5-2 所示, 把镶块镶在模体上。但镶块紧固的可靠性不够理想, 对锻件尺寸稳定性有一定影响, 因此, 多用于批量不大时。

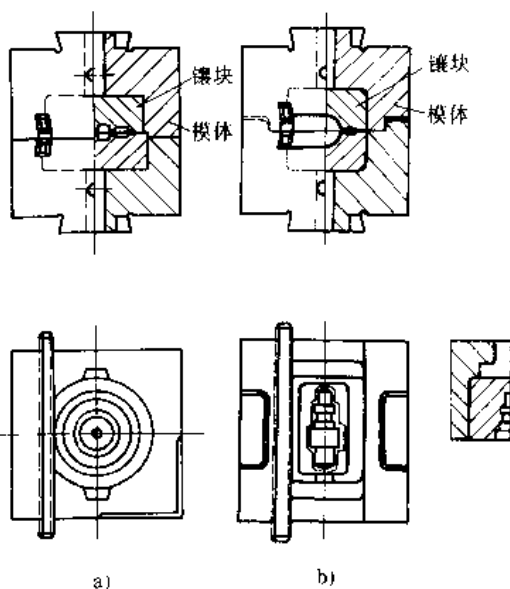


图 5.5-2 镶块锻模

- a) 圆形镶块锻模 b) 矩形镶块锻模

2.2 锤锻模模腔设计

2.2.1 终锻模腔

终锻模腔是模锻中最后成形的模腔。主要依照热锻件图制造和检验, 并选择适当的飞边槽型式。设计时应考虑:

- (1) 锻件的复杂部分尽可能置于上模。
- (2) 模腔易磨损处的尺寸, 可在锻件负公差范围内增加一层磨损量, 以延长锻模寿命。
- (3) 模腔深凹处易积存氧化皮, 妨碍金属充满, 应在该部位适当加深模腔尺寸。



(4) 锻锤吨位偏小时, 可适当减小终锻模膛深度尺寸, 反之增大。

(5) 当切边冲孔可能使锻件变形而影响余量时, 应在该部位适当加大模膛尺寸。

开式模锻的终锻模膛周边必须有飞边槽, 它能增大金属流出模膛的阻力, 有助于充满模膛, 减弱上下模的打击和容纳多余金属。其型式和尺寸见表 5-5-2 和表 5-5-3。

表 5-5-2 飞边槽型式及用途

型式	简图	用途
I		桥部位于上模, 上模温度较低, 不易过热和磨损。用于一般锻件
II		桥部位于下模, 用于切边时需将锻件翻转或整个锻件均在下模中成型

(续)

型式	简图	用途
III		仓部较大, 可容纳较多的多余金属。用于大型、复杂锻件
IV		与型式 III 相似, 加宽了下模桥部, 提高了寿命。多用于锻造温度高, 受力大的较大锻件
V		桥部增加阻力沟, 以便增大金属外流阻力, 迫使金属充满深凹复杂的模膛。多应用于局部

注: 飞边槽靠近型腔、深度较浅的部分叫桥部, 其余部分叫仓部。

表 5-5-3 飞边槽尺寸 (mm)

锻锤规格 (t)	h	H	b	B	R	F _f (cm ²)	备注
1	0.5~0.8	4	8	22~25	1.5	1.00~1.26	齿轮锁扣 b ₁ =30
2	0.9~1.1	4	10	25~30	2.5	1.34~1.68	齿轮锁扣 b ₁ =40
3	1.2~1.5	5	12	30~40	3	2.07~2.85	齿轮锁扣 b ₁ =45
5	1.5~2	6	12~14	40~50	3	3.20~4.40	齿轮锁扣 b ₁ =55
10	2~3	8	14~16	50~60	3	5.28~7.28	
16	3~4.5	10	16~18	60~80	4	8.33~12.79	

注: 摘自参考文献 [12] 5~131 页。

1. 锻锤吨位偏大或偏小时, h 适当减小或增大。
2. 锻件较复杂时, b、b₁ 适当增大。

2-2-2 预锻模膛

预锻模膛是使坯料在制坯工序后进一步变形, 以保证终锻时获得成形饱满, 无折叠、裂纹等缺陷的锻件。同时减少终锻模膛的磨损, 提高使用寿命。

设计时基本根据热锻件图, 仅稍作修改。

(1) 模锻斜度一般与终锻相同。模膛局部深凹处应适当加大斜度, 但模面上模膛宽度不得大于终锻模膛。

(2) 垂直截面上模膛圆角半径 R₁ 按下式确定:

$$R_1 = R + c \quad (\text{mm})$$

式中 R 终锻模膛相应处圆角半径 (mm);

c 参数 (按表 5-5-4 确定)。

(3) 对于水平投影上锻件尺寸差别较大或急剧转

表 5-5-4 c 值 (mm)

所在部位模膛深度	<10	10~25	25~50	>50
c	2	3	4	5

弯处 (图 5-5-3) 及枝芽状锻件 (图 5-5-4), 为了使金属易于向分枝方向流动, 应增大该处圆角半径, 简化形状; 必要时还可在飞边桥部增设阻力沟。

(4) 锻件高度方向较小的突起, 在预锻中可予简化, 不必锻出。

(5) 叉形锻件, 在预锻模膛中应采用劈料台 (图 5-5-5) 进行分料。一般用图 5-5-5a 型; 当叉部较窄时, 可用图 5-5-5b 型。

(6) 工字形截面预锻模膛宽度可比终锻模膛减小



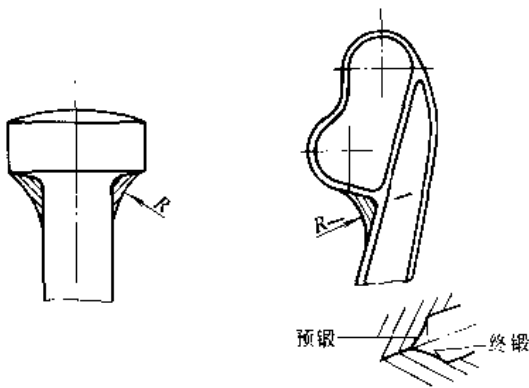


图 5-5-3 预锻模腔

1~2mm, 圆角半径适当加大, 并较圆浑 (图 5-5-6)。为避免产生折纹 (图 5-5-7), 预锻模腔截面 (不计模未合) 应小于或等于终锻模腔截面。

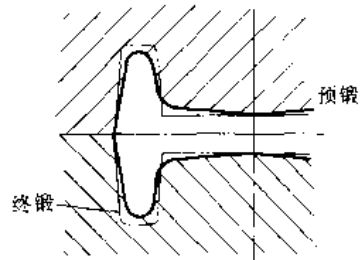


图 5-5-6 工字形截面预锻模腔

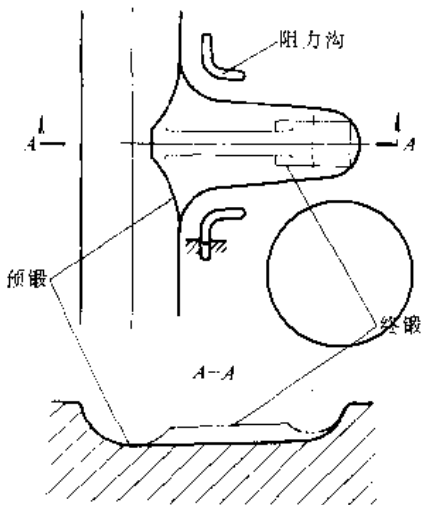


图 5-5-4 枝芽状锻件的预锻模腔

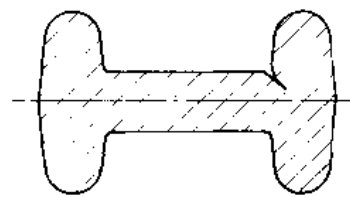


图 5-5-7 折叠

(7) 对带有落差和平衡锁扣的锻件, 预锻模腔的倾斜分模面应加大间隙, 以容纳多余金属 (图 5-5-8中 B-B)。

(8) 厚度 < 10mm 的扁薄锻件, 由于在终锻模腔中不易定位, 可将预锻模腔扁薄部分外周制成斜坡 (图 5-5-8中 C-C)。

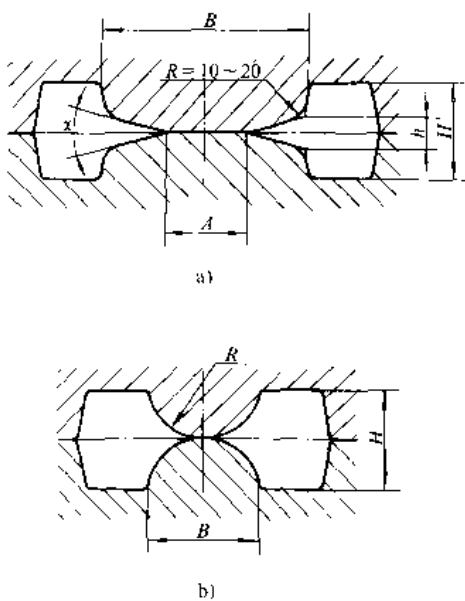


图 5-5-5 劈料台

$A \approx 0.25B$ $5 < A < 30$ $h = (0.4 \sim 0.7) H$
 $\alpha = 10^\circ \sim 45^\circ$, 依 h 而定, $\alpha > 45^\circ$ 时, 选用 b 型

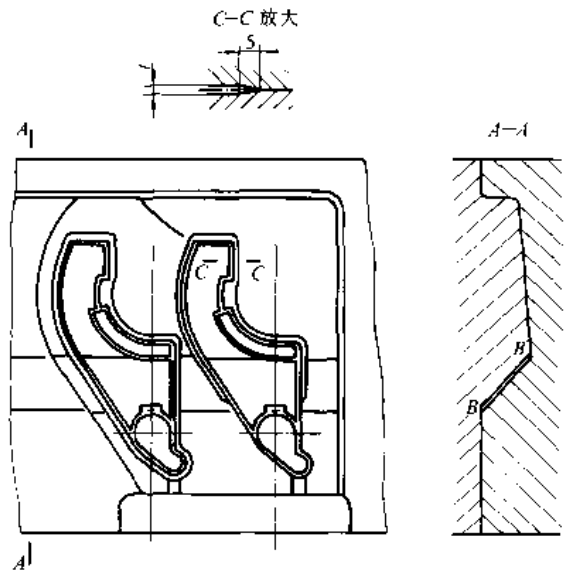


图 5-5-8 加大倾斜分模面间隙

2-2-3 拔长模腔

拔长模腔是用来减小坯料某部的横断面, 以增加其长度、分配金属。其结构见表 5-5-5。



表 5·5-5 拔长模膛型式与尺寸

(mm)

型式	简图	特点	尺寸计算													
按模膛型式分式		<p>制造容易, 操作方便, 应用较广</p>	<p>1. 拔长口高度</p> $h = K_1 \sqrt{V_g/L_g} \quad (\text{需滚压})$ $h = K_2 d \min \quad (\text{不滚压})$ <p>式中 V_g—计算毛坯杆部体积 (mm^3) L_g—计算毛坯杆部长度 d_{\min}—计算毛坯最小直径 K_1, K_2—系数</p> <table border="1"> <tr> <td>L_g</td> <td><200</td> <td>200~500</td> <td>>500</td> </tr> <tr> <td>K_1</td> <td>0.85</td> <td>0.8~0.75</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td>K_2</td> <td>0.9</td> <td>0.85</td> <td>0.8</td> </tr> </table>	L_g	<200	200~500	>500	K_1	0.85	0.8~0.75	0.7	K_2	0.9	0.85	0.8	
L_g	<200	200~500	>500													
K_1	0.85	0.8~0.75	0.7													
K_2	0.9	0.85	0.8													
按模膛型式分式		<p>仅用于细长零件</p>	<p>2. 拔长口长度 $c = K_3 d_0$</p> <table border="1"> <tr> <td>L_0</td> <td><1.2 d_0</td> <td>(1.2~1.5) d_0</td> <td>(1.5~3) d_0</td> <td>(3~4) d_0</td> <td>>4 d_0</td> </tr> <tr> <td>K_3</td> <td>1</td> <td>1.2</td> <td>1.4</td> <td>1.5</td> <td>2</td> </tr> </table>	L_0	<1.2 d_0	(1.2~1.5) d_0	(1.5~3) d_0	(3~4) d_0	>4 d_0	K_3	1	1.2	1.4	1.5	2	
L_0	<1.2 d_0	(1.2~1.5) d_0	(1.5~3) d_0	(3~4) d_0	>4 d_0											
K_3	1	1.2	1.4	1.5	2											
按模膛型式分式		<p>模膛中心线与燕尾中心线平行, 应用较广</p>	<p>表中 d_0—毛坯直径 L_0—毛坯拔长部分原始长度 K_3—系数</p> <p>3. 模膛宽度 $B = K_4 d_0$</p> <p>式中 K_4—系数</p> <table border="1"> <tr> <td>d_0</td> <td><40</td> <td>40~80</td> <td>>80</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">K_4</td> <td>直式</td> <td>2</td> <td>1.7</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>斜式</td> <td>1.7</td> <td>1.5</td> <td>1.3</td> </tr> </table>	d_0	<40	40~80	>80	K_4	直式	2	1.7	1.5	斜式	1.7	1.5	1.3
d_0	<40	40~80	>80													
K_4	直式	2	1.7	1.5												
	斜式	1.7	1.5	1.3												
按模膛型式分式		<p>模膛较多, 难于布排时采用, $\alpha \leq 20^\circ$, 以坯料不碰锤柱为原则</p>	<p>4. 其他尺寸 圆角 $R = 0.25r$ $R_1 = 10R$ 模膛高 $h_1 = 2h$ 或 $1.2d_0$</p> <p>式中 d_0—小头直径 拔长模膛及拔长台长度 $L = L_g + 10$ 拔长台宽度 $B_1 = (1.4 \sim 1.6)d_0$ 拔长台边缘倒角 R_0</p> <table border="1"> <tr> <td>d_0</td> <td><30</td> <td>30~60</td> <td>60~100</td> <td>>100</td> </tr> <tr> <td>R_0</td> <td>10</td> <td>15</td> <td>20</td> <td>25</td> </tr> </table>	d_0	<30	30~60	60~100	>100	R_0	10	15	20	25			
d_0	<30	30~60	60~100	>100												
R_0	10	15	20	25												
拔长台		<p>留在分模面上—平面(或斜面)。供坯料拔长部分较短或钳夹头拔长用</p>														



2.2.4 滚压模膛

滚压模膛是用来减小坯料某部横断面和增加另

部分横断面,并少量增加坯料长度,以分配金属,使其接近计算毛坯的形状,滚光表面,去除氧化皮,其结构如表5.5-6所示。

表 5.5-6 滚压模膛型式与尺寸 (mm)

型式	简图	特点	尺寸计算																				
封闭式		金属横向展宽小,轴向流动大,聚料效果好,应用较广	<p>1. 模膛各部分高度 $h_i = K \sqrt{F}$</p> <table border="1"> <tr> <td rowspan="3">d_0</td> <td colspan="2">K</td> <td rowspan="3">$A > A_0$</td> </tr> <tr> <td colspan="2">$A < A_0$</td> </tr> <tr> <td>闭式</td> <td>开式</td> </tr> <tr> <td>< 30</td> <td>0.9</td> <td>0.85</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>$30 \sim 60$</td> <td>0.85</td> <td>0.8</td> <td>1.15</td> </tr> <tr> <td>> 60</td> <td>0.8</td> <td>0.75</td> <td>1.13</td> </tr> </table> <p>表中 K—系数 A—计算毛坯相应部分截面积 (mm²) A₀—选用毛坯截面积 (mm²) d₀—选用毛坯直径</p> <p>杆部较长时,模膛可制出 α 为 2°~3° 的斜度,以利于金属流向头部</p>	d_0	K		$A > A_0$	$A < A_0$		闭式	开式	< 30	0.9	0.85	1.2	$30 \sim 60$	0.85	0.8	1.15	> 60	0.8	0.75	1.13
d_0	K		$A > A_0$																				
	$A < A_0$																						
	闭式	开式																					
< 30	0.9	0.85	1.2																				
$30 \sim 60$	0.85	0.8	1.15																				
> 60	0.8	0.75	1.13																				
开式		聚料效果不及闭式,适于叉形锻件制坯,操作方便	<p>2. 模膛宽度 B</p> <table border="1"> <tr> <th>坯料型式</th> <th>闭式</th> <th>开式</th> </tr> <tr> <td>原坯料</td> <td>$B = 1.15 \frac{A_0}{h_{min}}$ 且 $1.7d_0 > B > 1.1d_{max}$</td> <td>$B = \frac{A_0}{h_{min}} + 10$ 且 $1.5d_0 > B > d_{max} + 10$</td> </tr> <tr> <td>拔长后坯料</td> <td>$B = (1.4 \sim 1.6) d_0$ 且 $B > 1.1d_{max}$ $B > 1.25 \frac{F_K}{h_{min}}$</td> <td>$B = (1.4 \sim 1.6) d_0$ 且 $B > d_{max} + 10$ $B > \frac{F_K}{h_{min}} + 10$</td> </tr> </table>	坯料型式	闭式	开式	原坯料	$B = 1.15 \frac{A_0}{h_{min}}$ 且 $1.7d_0 > B > 1.1d_{max}$	$B = \frac{A_0}{h_{min}} + 10$ 且 $1.5d_0 > B > d_{max} + 10$	拔长后坯料	$B = (1.4 \sim 1.6) d_0$ 且 $B > 1.1d_{max}$ $B > 1.25 \frac{F_K}{h_{min}}$	$B = (1.4 \sim 1.6) d_0$ 且 $B > d_{max} + 10$ $B > \frac{F_K}{h_{min}} + 10$											
坯料型式	闭式	开式																					
原坯料	$B = 1.15 \frac{A_0}{h_{min}}$ 且 $1.7d_0 > B > 1.1d_{max}$	$B = \frac{A_0}{h_{min}} + 10$ 且 $1.5d_0 > B > d_{max} + 10$																					
拔长后坯料	$B = (1.4 \sim 1.6) d_0$ 且 $B > 1.1d_{max}$ $B > 1.25 \frac{F_K}{h_{min}}$	$B = (1.4 \sim 1.6) d_0$ 且 $B > d_{max} + 10$ $B > \frac{F_K}{h_{min}} + 10$																					
混合式		头部开式,杆部闭式。适用于头部有冲孔或劈料的锻件																					
不对称闭式		上下模膛不对称,适用于 $\frac{h_1}{h_2} < 1.8$ 的不对称锻件制坯	<p>闭式不对称滚压模膛: $B_i = 2.2h_1$</p> <p>闭式不等宽滚压模膛:</p> <p>杆部模膛宽度 $B_g = 1.25 \frac{A_g}{h_{min}}$</p> <p>头部模膛宽度 $B_r = 1.1d_{max}$</p> <p>长度 > 600mm 的轴类锻件: $B = 2d_0$</p> <p>小型锻件计算宽度 $B < 45mm$ 时,则取 45mm</p> <p>式中 A_g—计算毛坯杆部平均截面积 (mm²) d_{max}—计算毛坯最大直径 h_{min}—模膛最小高度</p> <p>3. 模膛长度 L</p> <p>直长轴锻件模膛长度等于热锻件长度;无拉伸弯曲锻件,可按</p>																				



(续)

型式	简图	特点	尺寸计算																																							
不等宽 封闭式		适用于 $\frac{B_1}{B_2} \geq 1.5$ 的 锻件	距弯曲内侧径向 $\frac{1}{3}$ 处中心线展开得出；有明显拉伸弯曲锻件，按锻件水平投影确定 4. 钳口与尾部尺寸（见本表图1）																																							
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>d_0</th> <th>a</th> <th>c</th> <th>R_3</th> <th>h</th> <th>R</th> <th>m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><30</td> <td>4</td> <td>20</td> <td>5</td> <td>10~12</td> <td>8</td> <td>15~20</td> </tr> <tr> <td>30~50</td> <td>6</td> <td>25</td> <td>5</td> <td>12~16</td> <td>8</td> <td>20~25</td> </tr> <tr> <td>50~80</td> <td>8</td> <td>30</td> <td>10</td> <td>16~20</td> <td>10</td> <td>25~30</td> </tr> <tr> <td>80~100</td> <td>10</td> <td>35</td> <td>10</td> <td>20~26</td> <td>12</td> <td>30~38</td> </tr> <tr> <td>>100</td> <td>12</td> <td>40</td> <td>10</td> <td>>26</td> <td>15</td> <td>>40</td> </tr> </tbody> </table>	d_0	a	c	R_3	h	R	m	<30	4	20	5	10~12	8	15~20	30~50	6	25	5	12~16	8	20~25	50~80	8	30	10	16~20	10	25~30	80~100	10	35	10	20~26	12	30~38	>100	12	40	10
d_0	a	c	R_3	h	R	m																																				
<30	4	20	5	10~12	8	15~20																																				
30~50	6	25	5	12~16	8	20~25																																				
50~80	8	30	10	16~20	10	25~30																																				
80~100	10	35	10	20~26	12	30~38																																				
>100	12	40	10	>26	15	>40																																				

2.2.5 弯曲模膛

弯曲模膛是用来使坯料获得与锻件水平面投影相似的形状。其结构如表 5-5-7 所示。

表 5-5-7 弯曲模膛型式与尺寸

(mm)

型式	简图	特点	尺寸计算											
自由 弯曲 式		坯料在略有拉伸条件下弯曲成形，适用于圆浑弯曲锻件	1. 模膛形状依热锻件图水平投影外形用作图法得出 2. 模膛深度 $h \leq (0.8 \sim 0.9)b$ 式中 b —锻件相应截面宽度，易氧化皮部位，可适当加深 3. 模膛宽度 B											
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>原坯料</th> <th>拔长、滚压后坯料</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> $B = \frac{A_0}{h_{min}} + (10 \sim 20)$ </td> <td> $B = \frac{A_1}{h_{min}} + (10 \sim 20)$ 且 $B \geq \frac{A_{max}}{h_2} + (10 \sim 20)$ </td> </tr> </tbody> </table>	原坯料	拔长、滚压后坯料	$B = \frac{A_0}{h_{min}} + (10 \sim 20)$	$B = \frac{A_1}{h_{min}} + (10 \sim 20)$ 且 $B \geq \frac{A_{max}}{h_2} + (10 \sim 20)$							
原坯料	拔长、滚压后坯料													
$B = \frac{A_0}{h_{min}} + (10 \sim 20)$	$B = \frac{A_1}{h_{min}} + (10 \sim 20)$ 且 $B \geq \frac{A_{max}}{h_2} + (10 \sim 20)$													
夹紧 弯曲 式		坯料在明显拉伸条件下弯曲成形。适用于多处弯曲，急变弯曲锻件	表中 A_0 —坯料截面积 (mm^2) A_1 —模膛最小深度处坯料截面积 (mm^2) A_{max} —坯料最大截面积 (mm^2) h_{min} —模膛最小深度 h_2 —相应于坯料最大截面处的模膛深度 4. 上下模间隙 Δ											
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>设备规格 (t)</th> <th><1</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>5</th> <th>10~16</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Δ</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table>	设备规格 (t)	<1	1	2	3	5	10~16	Δ	3	4	5
设备规格 (t)	<1	1	2	3	5	10~16								
Δ	3	4	5	6	7	8								
			5. 其他 模膛急变弯曲部位应制成较大圆角，以防止终锻时产生折纹；上下模突出分模面高度应大致相等（即 $Z_1 \approx Z_2$ ）；模膛突出部分截面应制成弧形凹坑， $h_1 = (0.1 \sim 0.2)h$ ， h 为相应模膛深度；下模应设两个支点，将坯料水平支承；模膛末端制出挡料台以便定位，如坯料经过滚压，可采用钳口定位											



2.2.6 卡压模膛

卡压模膛是用来略为减小坯料高度而增加宽度，并使头部稍有聚料。其设计依据与滚压模膛相同。

2.2.7 成形模膛

成形模膛是用来使坯料获得与终锻模膛在分模面上近似的形状。设计方法与弯曲模膛设计相似。

2.2.8 墩粗台 (图 5.5-9)

墩粗台是使坯料减小高度，增大水平尺寸，以便在锤击变形前将终锻模膛覆盖，从而防止产生折叠，并去除氧化皮。其尺寸见表 5.5-8。

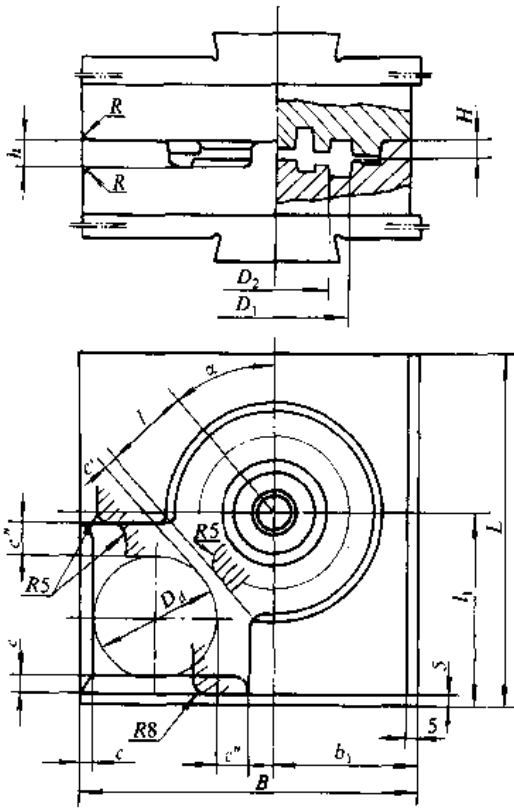


图 5.5-9 墩粗台

表 5.5-8 墩粗台尺寸 (mm)

直径 D_d	高度 h	坯料墩粗台 至各边缘距离			键槽 中心线 位置	燕尾 中心线 位置
		c	c'	c''		
$D_1 > D_d$ $> D_2$	$h = \frac{V_2}{\frac{\pi}{4} D_d^2}$	10~15	5~10	15~20	$\frac{l_1}{L-l_1}$ <1.4	$\frac{B-b_1}{b_1}$ <1.4

表中 V_2 — 计算毛坯体积 (mm^3)。

2.2.9 压扁台 (图 5.5-10)

压扁台是用来压扁坯料以增大宽度。

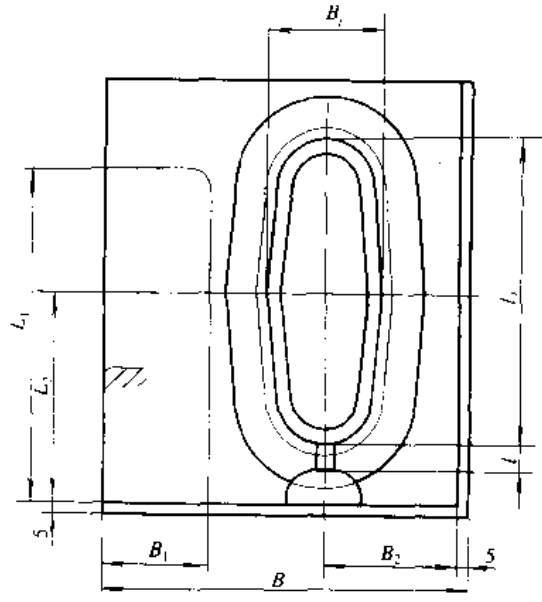


图 5.5-10 压扁台

压扁台尺寸计算如下：

$$L_1 = L_0 + (20 \sim 40) \quad (\text{mm})$$

$$B_1 = (1.2 \sim 1.5) D_0 \quad (\text{mm})$$

式中 L_0 — 坯料长度 (mm)；

D_0 — 坯料直径 (mm)。

2.2.10 切断模膛

切断模膛是用来切断棒料上的锻件，以便实现连续模锻或一棒多次模锻。

1. 前切刀 (图 5.5-11) 多位于锻模右前角或左

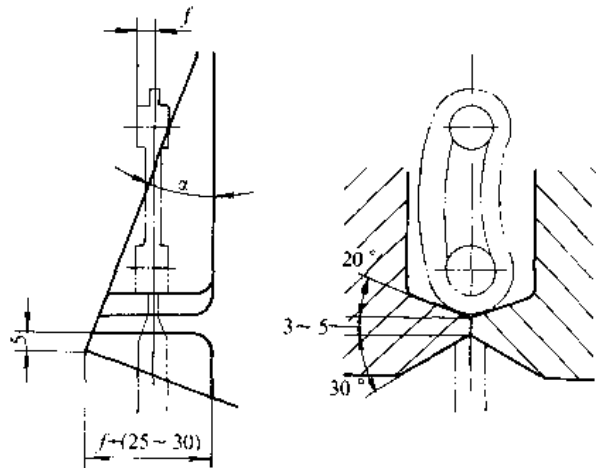


图 5.5-11 前切刀



前角。操作方便,生产率高。

2. 后切刀 (图 5-5-12) 多位于锻模左后角。

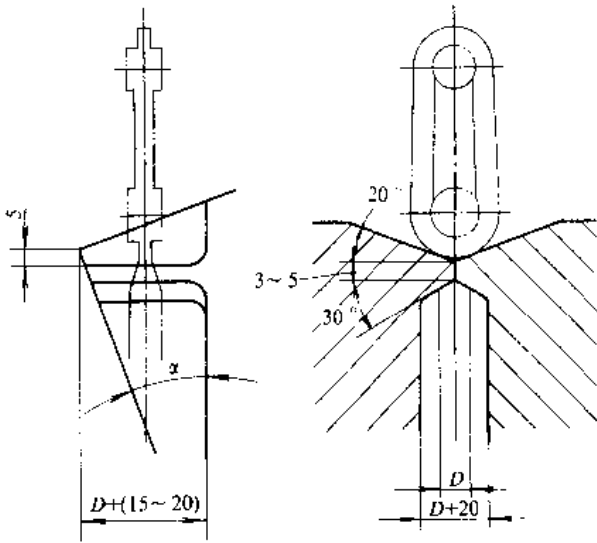


图 5-5-12 后切刀

3. 联合切刀 (图 5-5-13) 滚压时进行切断,生产率高。

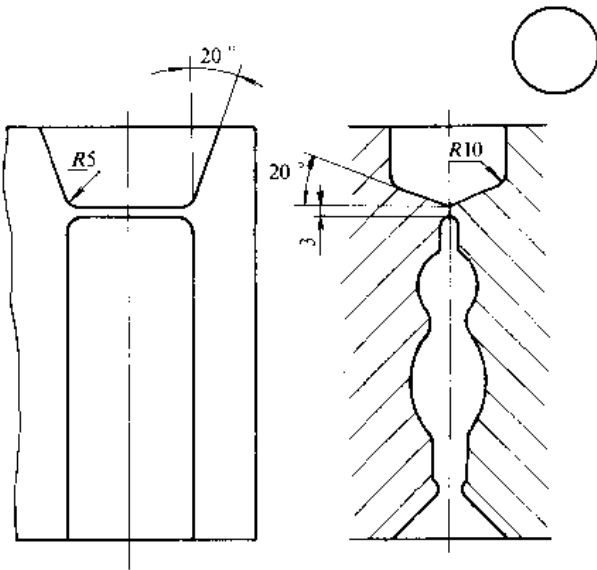


图 5-5-13 联合切刀

各类切刀根据模膛布排与操作方便, α 常用 $15^\circ \sim 20^\circ$ 。

2.3 锤锻模结构设计

2.3.1 模膛布排原则

- (1) 没有预锻模膛时, 终锻模膛中心应与锻模中心重合。
- (2) 同时有预锻模膛和终锻模膛时, 应分别布排

在锻模燕尾中心线两侧, $s_1 = \frac{1}{3}L$ (图 5-5-14), 且不出表 5-5-9 中的数值。

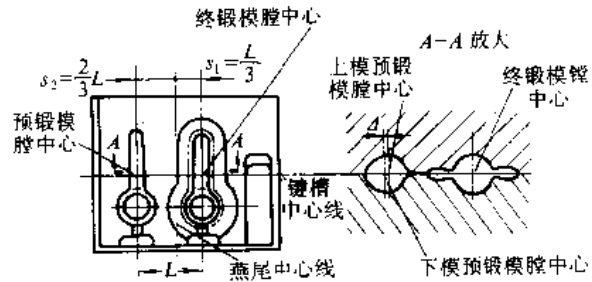


图 5-5-14 模膛的排列

表 5-5-9 s_1 值 (mm)

锻锤规格 (t)	1	1.5	2	3	5	10
s_1	25	30	40	50	60	70

(3) 预锻模膛中心线不超出燕尾宽度。

(4) 当 $\frac{L}{5} < s_1 < \frac{L}{3}$ 时, 预锻模膛可采用反向预错方式抵消预锻时偏心力矩引起的错移 (图 5-5-14A-A)。预错量 $\Delta = 1 \sim 4\text{mm}$ 。

(5) 带有落差锻件, 为了减少错移和平衡锁扣磨损, 可将模膛中心向平衡锁扣相反方向移动 s_1 或 s_2 (图 5-5-15)。

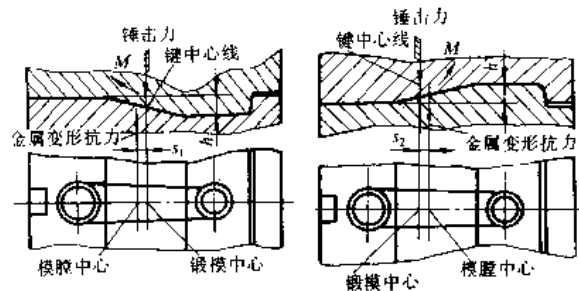


图 5-5-15 模膛布排


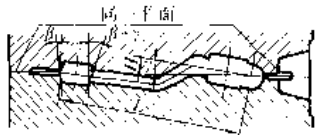
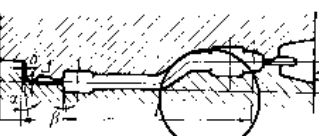

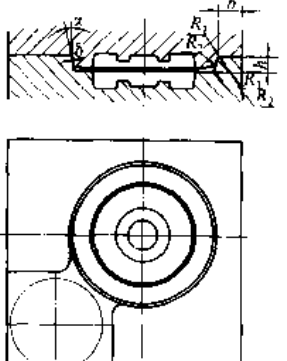
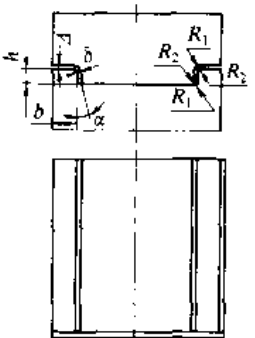
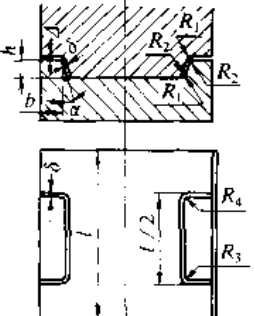
(6) 首道制坯模膛应靠近加热炉, 缩短送料距离; 对着压缩空气管道, 便于吹除氧化皮; 制坯模膛较多时, 尽可能按工艺顺序排列。

2.3.2 锁扣

锁扣有两种。一是平衡锁扣, 用于具有落差的锻件上。这类锻件的分模面不在一个平面上, 在锻击中迫使锻模产生偏移, 设计锁扣以平衡其错移力。一是一般锁扣, 用来提高锻件质量, 减小锻件错移量, 便于上下模的调整。其型式及特点见表 5-5-10。尺寸参考表 5-5-11 确定。



表 5-5-10 锁扣型式及特点

型式	简 图	特 点
对称式		有落差的小锻件, 可将两模膛相对布排, 以抵消错移力, 不另设锁扣
平衡锁扣		将锻件倾斜一个角度, 使模膛两端分模面处于同一高度。此时模膛斜度一部分增大, 另一部分减小影响锻件出模。用于锻件落差 <math>< 15\text{mm}</math> 时。不另设锁扣
平衡块式		采用平衡块抵消错移力。锻件落差 H 在 $15\sim 60\text{mm}$ 范围内
混合式		倾斜式和平衡块式综合。锻件落差 $H > 50\text{mm}$ 时, 将锻件倾斜以减小锁扣平衡块高度 h , 倾斜度 γ 应 $< 7^\circ$
圆形锁扣		多用于短轴类锻件, 以控制锻件的错移力
纵向锁扣		普遍用于杆类锻件, 以保证锻件在宽度方向错移力较小。一般多件模锻时也常采用
侧面锁扣		为防止上下模相对转动或纵横错移时采用



(续)

型式	简图	特点
一般锁扣 角锁扣		作用和侧面锁扣相似, 可在模块的空余位置设置两个或四个角锁扣

表 5-5-11 锁扣尺寸 (mm)

锻锤规格 (t)	h		b		l	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	α	δ	Δ
	圆形	其他	圆形	其他								
1~1.5	25	30	35	50	75	3	5	8	10	5°	0.2~0.4	1~2
2	30	35	40	60	90	3	5	9	12	5°	0.2~0.4	1~2
3	35	40	45	70	100	3	5	10	15	3°	0.2~0.4	1~2
5	40	45	50	80	120	5	8	12	15	3°	0.2~0.4	1~2
10	50	55	60	100	150	5	8	15	20	3°	0.2~0.4	1~2
16	60	70	75	120	180	6	10	20	25	3°	0.2~0.4	1~2

注: 摘自参考文献 [13] 130 页。

2.3.3 模膛最小壁厚和最小模块高度 (表 5-5-12)

表 5-5-12 模膛最小壁厚和最小模块高度 (mm)

模膛深度 h	最小壁厚 d		最小模块高度 H
	模膛与外缘间	模膛与模膛间	
6	12	10	100
10	20	16	100
16	32	25	125
25	40	32	160
40	56	40	200
63	80	56	250
100	110	80	315
125	130	100	355
160	160	110	400

注: 摘自参考文献 [14] 173 页。

模具工业出版社 请尊重作者版权

1

111



2.3.4 模块尺寸

模块尺寸的确定应注意以下几点：

(1) 根据模膛数量和壁厚，计算所需模块的最小尺寸，并选取较大相近值的标准模块。

(2) 终锻模膛中心与燕尾中心线距离小于 $0.1B$ (B 为模块宽度)；与键槽中心线距离小于 $0.1L$ (L 为模块长度)。

(3) 锻模允许的最小承击面见表 5-5-13。

表 5-5-13 锻模允许最小承击面 (cm²)

锻锤规格 (t)	1	2	3	5	10	16
承击面积	300	500	700	900	1600	2500

(4) 模块最大宽度要保证上模边缘与导轨净距不小于 20mm。模块长度应保证上模外伸距离 $f \leq \frac{H}{3}$ (H 为模块高度)。上下模闭合高度见表 5-5-14；闭合高度在可能条件下应取上限。

表 5-5-14 模块闭合高度 (mm)

锻锤规格 (t)	1	1.5	2	3	5	10	16
H_{min}	320	400	410	465	565	600	660
H_{max}	500	550	600	650	750	850	950

(5) 上模块重量不应超过设备规格的 1/3；下模块重量不限。模块应设起吊孔。

(6) 模块材料纤维方向应与打击方向垂直，为便于制模及安装，模块上应有检验角。

2.3.5 镶块锻模设计

镶块模有圆形镶块和矩形镶块两种(图 5-5-16)。镶块常用楔块紧固在模体上，其受力比整体模繁重，应充分考虑其强度。

镶块尺寸参照表 5-5-15 及图 5-5-16 确定。

矩形镶块前后定位有三种方法：模座封闭式定位(图 5-5-2b)、键块定位(图 5-5-17a)和角定位(图 5-5-17b)。

表 5-5-15 镶块尺寸 (mm)

项目	公式和数据	说明
外径 D	$D \geq D_d + (1.5 \sim 2) S_d$	S_d 模块最小外壁厚度
宽度 b	$b \geq B_d + (1.5 \sim 2) S_d$	B_d 锻件最大宽度
长度 l	$l \geq L_d + (1.5 \sim 2) S_d$	D_d 锻件外径
高度 h	$h \geq H + (1.5 \sim 2) S_d$	L_d 锻件最大长度
斜度 α	$\alpha = 5^\circ \sim 8^\circ$	H 模膛最大深度

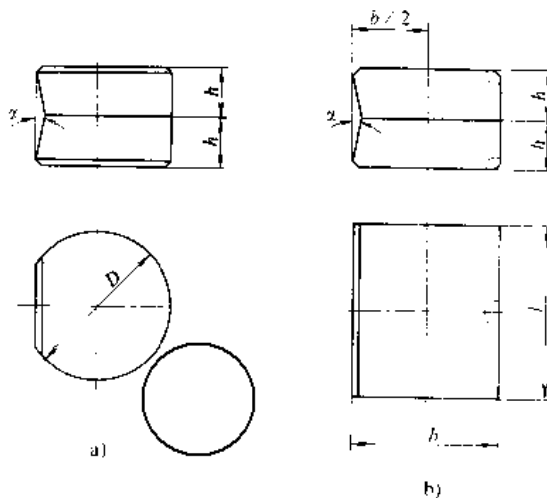


图 5-5-16 锻模镶块

a) 圆形镶块 b) 矩形镶块

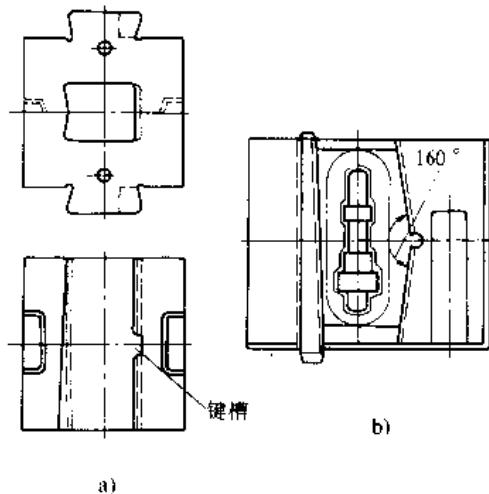


图 5-5-17 镶块的定位

a) 键块定位 b) 角定位

2.4 锻锤规格的确定 (参见第 3 篇第 10 章)

3 机械压力机锻模

机械压力机锻模是在热模锻压力机上使坯料成形为锻件或其半成品的模具。

3.1 机械压力机锻模结构形式

在热模锻压力机上模锻一般都采用由通用模架和镶块组成的组合式锻模。其结构形式很多，可按产品对象的工艺要求进行设计。通常用得较多的有两种，即斜面定位模架(图 5-5-18、图 5-5-19)和键定位模架



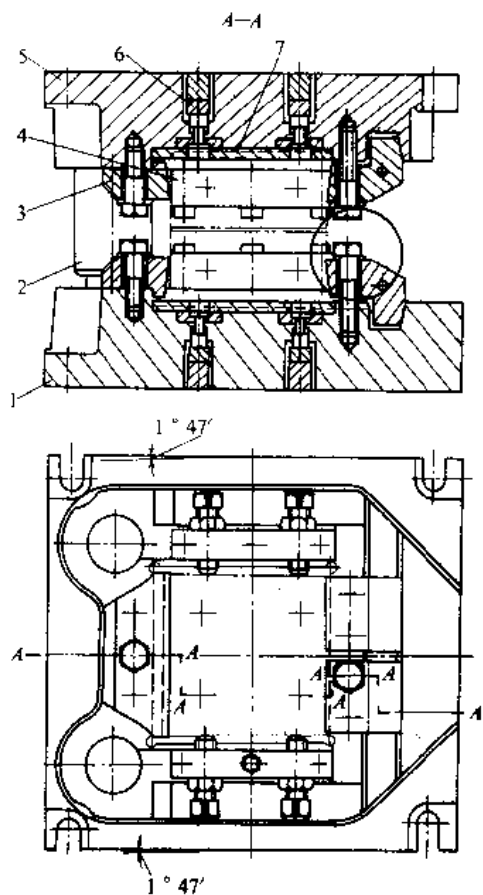


图 5-5-18 斜面定位模架
1—下模座 2—导向装置 3—紧固装置 4—镶块
5—上模座 6—顶出装置 7—垫板

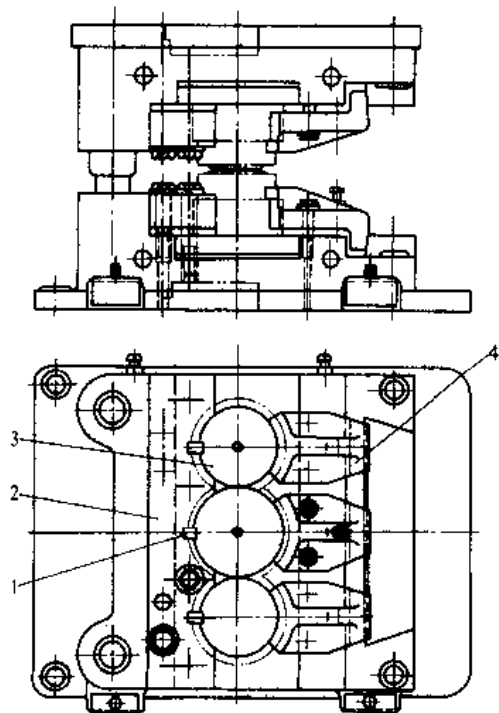


图 5-5-19 圆形镶块用斜面定位模架
1—键 2—后挡板 3—镶块 4—压板

(图 5-5-20)。其主要区别在于镶块的安装调整方法不同，而模座、导向及顶出装置则大体相同。

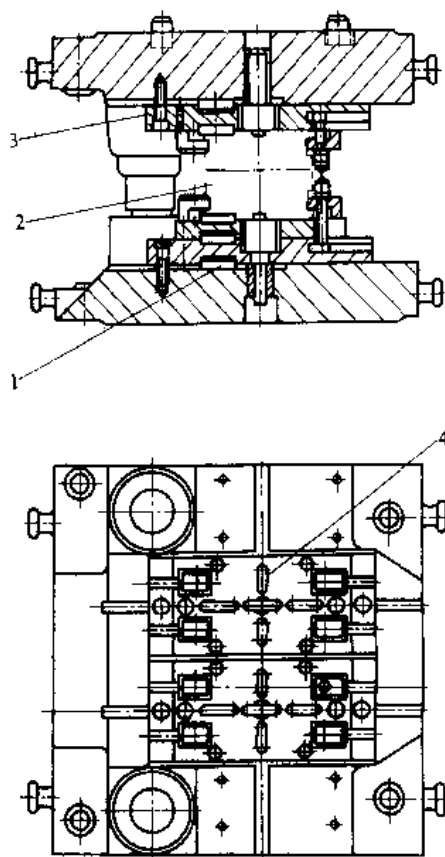


图 5-5-20 键定位模架
1—键 2—镶块 3—垫板 4—键槽

3.2 机械压力机锻模模膛设计

3.2.1 锻件图特点

分模面选择原则与锤锻模基本相同。因有上下顶出装置，锻件的分模面可较灵活的选择。加工余量及公差也比锤上模锻略小，模锻斜度取 $3^\circ \sim 5^\circ$ 。冲孔连皮厚度通常取 $6 \sim 8\text{mm}$ ， $< 26\text{mm}$ 的孔一般不予冲出。

3.2.2 终锻模膛

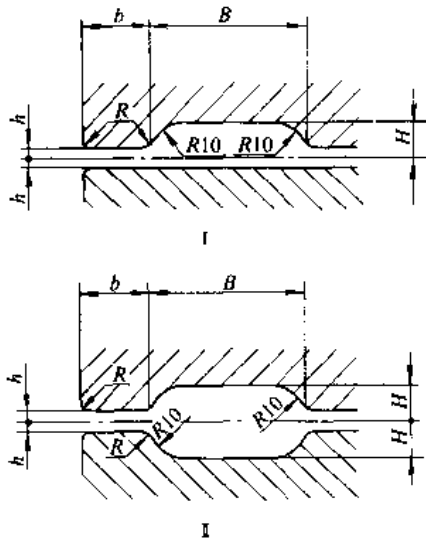
飞边槽 I 型用于一般锻件，II 型用于复杂形状锻件。尺寸见表 5-5-16。

模膛深凹部位气体不易排出，影响金属充满，可在金属最后充满处设孔径 $< 2\text{mm}$ 的出气孔。

滑块在下止点时，上下模面间要有一定的间隙，用来调整模具闭合高度，还可防止压力机闷车。间隙大小等于飞边桥部高度。



表 5-5-16 飞边槽尺寸 (mm)



压力机规格 (kN)	b	h	H	B	R
10~16	10~12	1.2~1.5	5	25~30	1.5~2
20~25	10~14	1.5~2.0	5~6	30~35	2~2.5
31.5~40	12~14	2.0~2.5	6~7	35~40	2~3
63~80	12~16	2.5~3.5	7~8	40~45	3~4
120	14~16	2.5~4.0	8~10	45~50	3~5

3.2.3 预锻模膛

锻粗法成型时, 模膛各部分高度应比相应终锻模膛增大 2~5mm, 而宽度则应比相应终锻模膛减小 0.5~2mm。圆角半径可略增大, 不设出气孔。

压入法成形时, 预锻模膛形状应保证在终锻变形开始, 金属侧壁即与模壁接触, 以限制金属径向流动, 迫使其充满模膛深处。

3.3 机械压力机锻模结构设计

3.3.1 模座

模座是安装与固定工作零件、导向零件、顶出零件、紧固和定位零件, 并与设备滑桌、工作台相连接的重要部件, 要有足够的强度和精度。模座一般通用, 设计时应根据设备的模具空间结合锻件的工艺要求, 合理地确定结构。

3.3.2 导柱与导套 (图 5-5-21)

导柱和导套可依标准选用。

导柱长度应保证压力机滑块在上止点位置时, 导

柱不脱离导套; 在下止点位置时, 不碰导套盖板。导柱与导套间隙一般为 0.25~0.40mm, 并设有润滑装置。

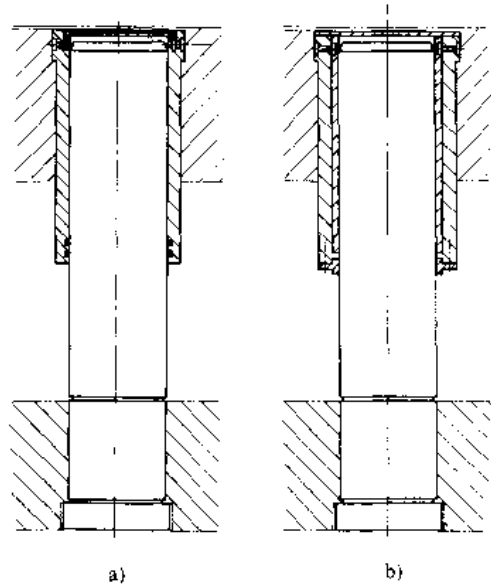


图 5-5-21 导柱与导套

a) 整体导套 b) 组合导套

3.3.3 顶出装置

主要用于预锻和终锻模膛, 图 5-5-22 和图 5-5-23 为几种常见的顶出装置。

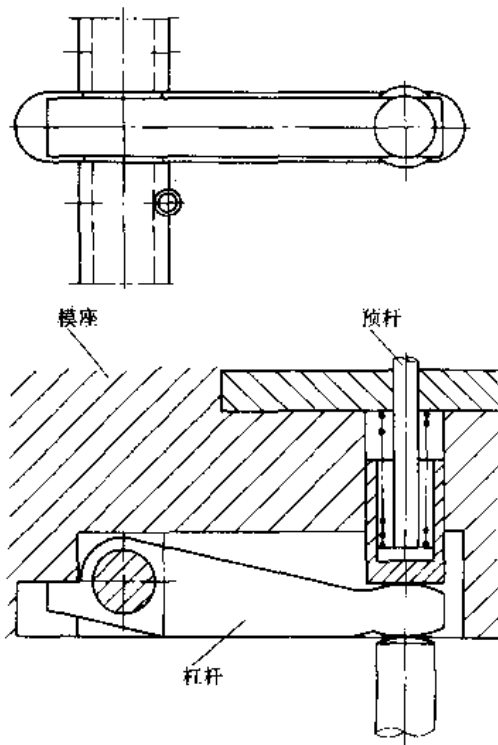


图 5-5-22 杠杆式顶出装置



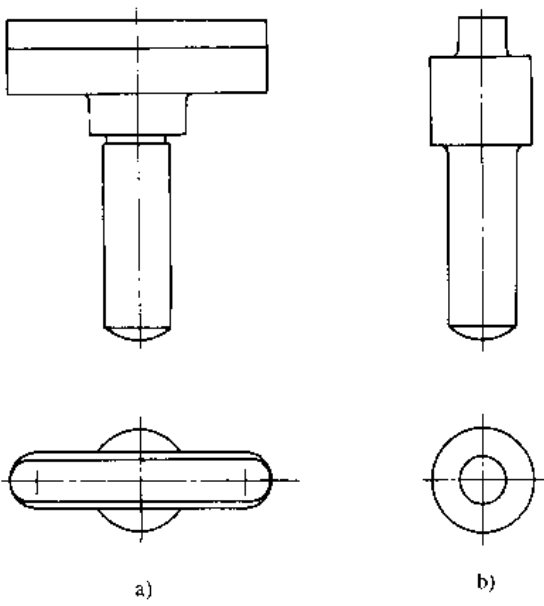


图 5-5-23 顶杆

a) T形顶杆 b) 圆柱形顶杆

顶出器的配置按具体情况而定,如图 5-5-24 所示。

3.3.4 镶块 (图 5-5-25)

矩形镶块适用于各类锻件,调整方便;圆形镶块主要用于回转体锻件,不能调整错移,完全由加工精度保证。为节约模具钢和便于加工,可采用组合镶块(图

5-5-26)。十字键槽定位镶块见图 5-5-27。

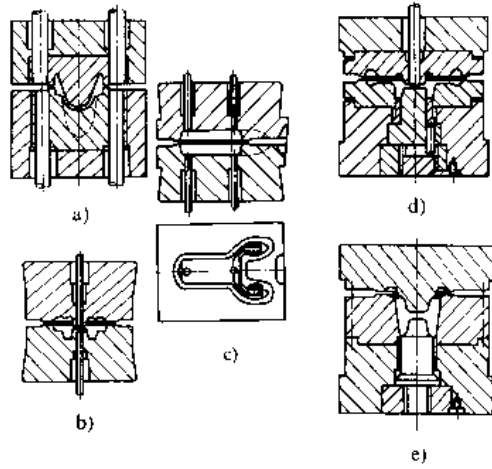


图 5-5-24 顶出器的配置

a) 顶飞边 b) 顶连皮 c) 顶假件 d) 环形顶假件 e) 带冲子顶假件

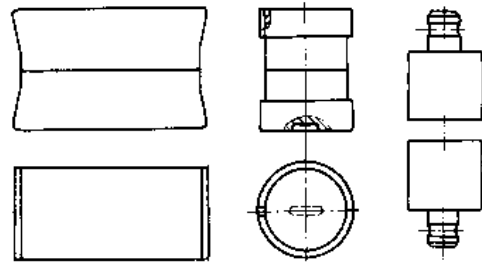


图 5-5-25 整体镶块

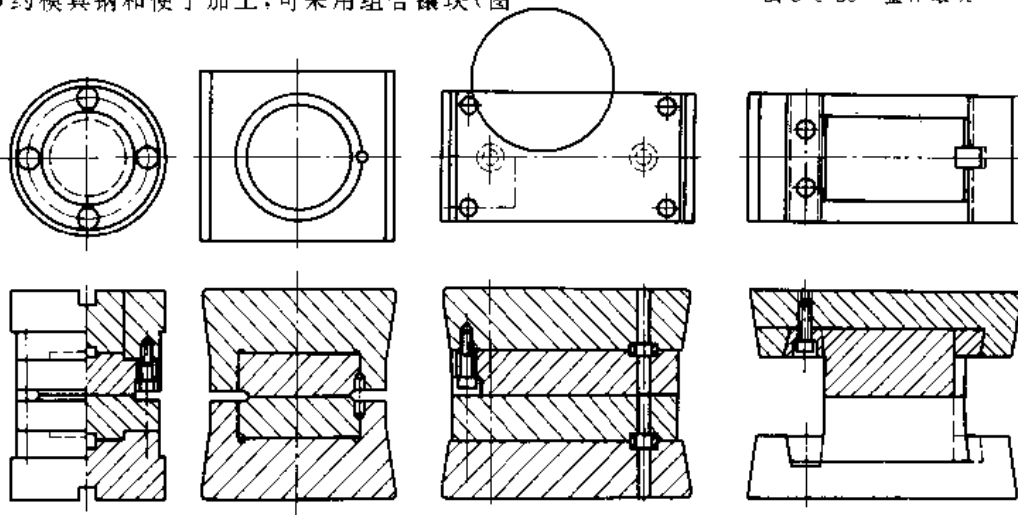


图 5-5-26 组合镶块

3.3.5 锻模闭合高度

$$H = h + 0.65a \quad (\text{mm})$$

式中 h —— 热模锻压力机最小闭合高度 (mm);

a —— 压力机滑块的最大调节量 (mm)。

垫板厚度可参考表 5-5-17。

表 5-5-17 垫板厚度 (mm)

压力机规格(MN)	≤10	16	20~25	31.5~40	63~80	120
垫板厚度	30~40	35~50	45~60	50~70	60~80	70~100



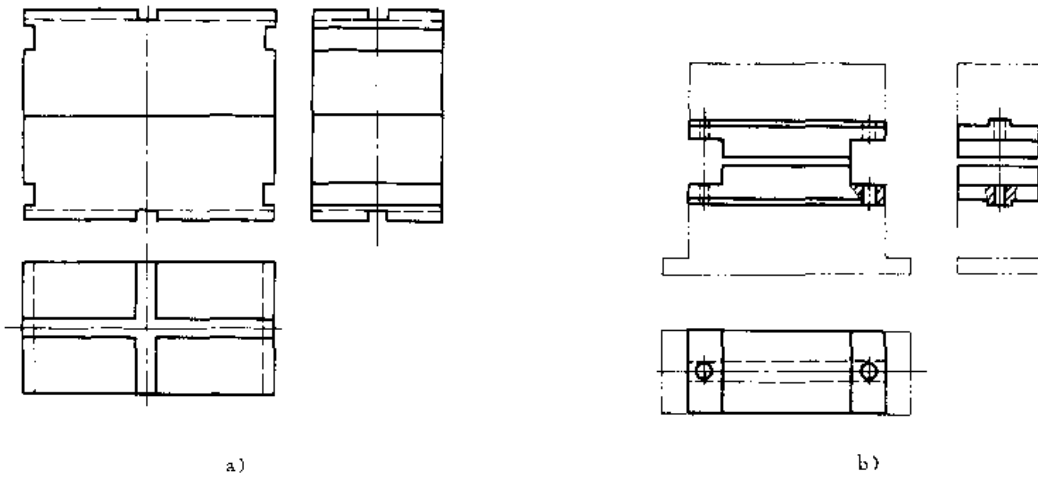


图 5-5-27 键定位镶块

a) 预锻、终锻用镶块 b) 制坯用镶块

3.4 机械压力机规格的确定 (参见第3篇第10章)

4 螺旋压力机锻模

螺旋压力机锻模是在螺旋压力机上使坯料成形为模锻件或其半成品的模具。

4.1 螺旋压力机锻模结构形式

大多采用组合结构 (图 5-5-28), 应用通用模座, 不同锻件只需更换锻模镶块。模座、模块可按标准选用。大锻件也可用整体结构 (图 5-5-29)。有开式锻模 (图 5-5-28, 图 5-5-29), 也有闭式锻模 (图 5-5-30)。

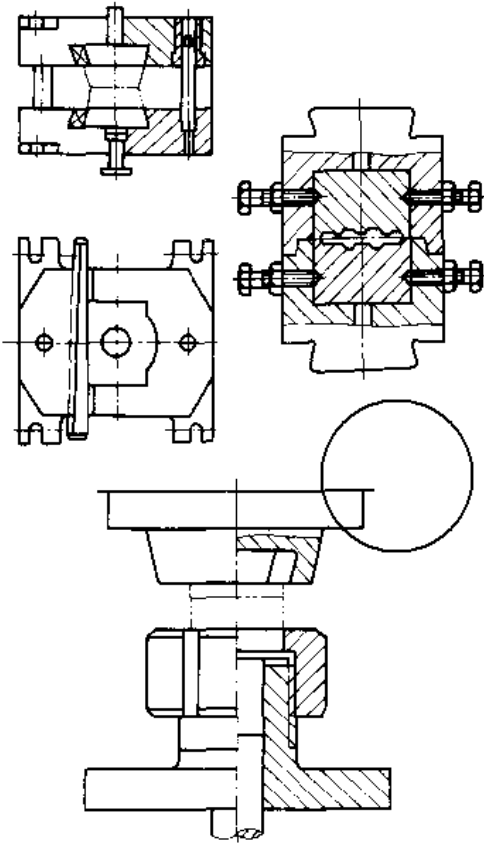


图 5-5-28 组合结构模

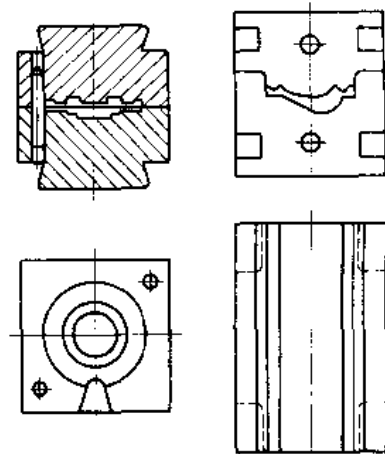


图 5-5-29 整体结构模

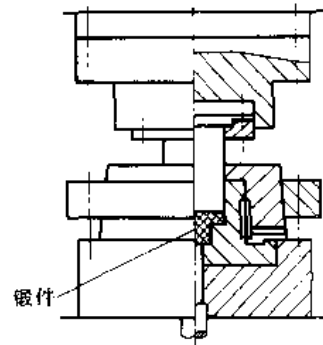


图 5-5-30 闭式锻模



4.2 螺旋压力机锻模模膛设计

不使用顶出器时,终锻模膛、预锻模膛设计与锤锻模模膛设计相同。

使用顶出器时,则模锻斜度可明显减小,可采用无飞边模锻。无飞边模锻,冲头和凹模、顶杆和凹模间要有适当的间隙,通常顶杆和凹模按三级动配合精度选取,冲头和凹模间隙见表 5-5-18。

表 5-5-18 冲头与凹模间的间隙值

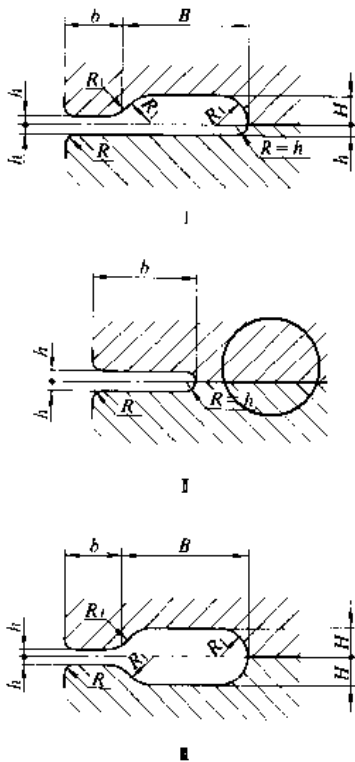
(mm)				
冲头直径 d	<20	20~40	40~60	>60
间隙值 Δ	0.1	0.1~0.15	0.15~0.2	0.2~0.3

注:摘自参考文献 [15] 224 页。

开式有飞边模锻时,飞边型式见表 5-5-19。型式 I 最常用;型式 II 用于小飞边锻件或有预锻及预切边锻件的终锻模;型式 III 用于模膛深、局部成形不容易的锻件。可按设备规格选取。

螺旋压力机不宜受偏心载荷,因此,在一模上同时布置预锻、终锻两模膛,两模膛压力中心距应小于设备螺杆直径的 1/2,终锻模膛压力中心距离螺杆中心为两模膛中心距的 1/3。

表 5-5-19 飞边槽尺寸 (mm)



(续)

设备规格 (kN)	h	H	b	B	R	R_1
<1600	0.75	4	8	16	1.5	4
2500	1.0	4	10	18	2.0	4
4000	1.25	5	10	20	2.5	5
6300~10000	1.5	6	12	22	3.0	6
>10000	1.75	7	14	24	3.5	7

注:摘自参考文献 [16] 1595 页。

4.3 螺旋压力机锻模结构设计

4.3.1 模座

除直接固定在滑块和工作台上的整体模(图 5-5-29)外,都需要有模座来承接模块并固定在工作台上,要尽量选用标准模座。

4.3.2 模块

螺旋压力机锻模模块已制标准,有圆形和矩形几种,在满足锻件工艺要求的前提下,应优先选用。

4.3.3 导向装置

标准模座上布排有导向装置,可设置相应的导柱导套。在整体模或其它简易模具上也可用锁扣、导销或凸凹模自身导向装置。导向间隙一般取 0.05~0.3mm。

4.3.4 顶出装置

随锻件工艺要求和设备条件而定。

4.4 螺旋压力机规格的确定 (参见第 3 篇第 10 章)

5 平锻模

平锻模是在平锻机上使坯料成形为模锻件或其半成品的模具。

5.1 平锻模结构形式 (图 5-5-31)

平锻模有两个分模面,其工作零件有冲头、固定凹模和活动凹模三部分。此外,尚有固定凸模的凸模夹持器和锻件定位的挡板。



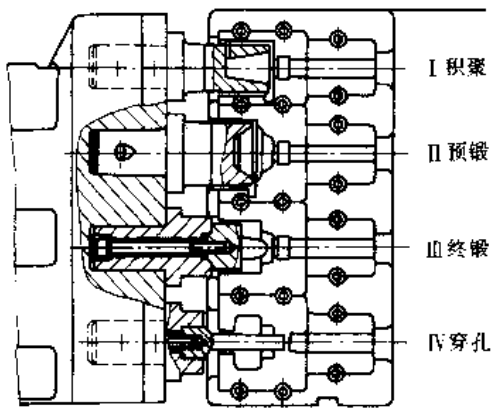


图 5-5-31 平锻模结构

5.2 平锻模结构设计

5.2.1 凹模

凹模通常由凹模体和凹模镶块组成，凹模体的轮廓尺寸由设备模具空间尺寸决定，凹模镶块则依据工艺要求设定。凹模体和凹模镶块都有标准供选用。负荷最大的模膛应尽可能接近主滑块中心线。

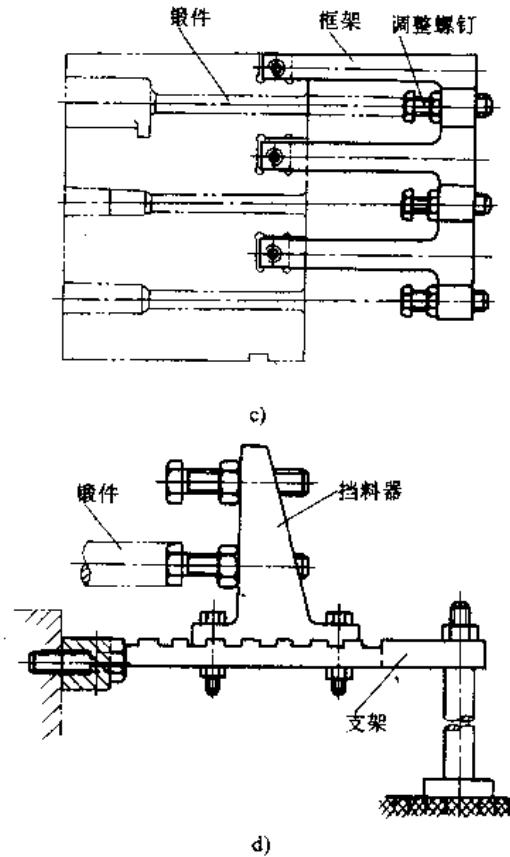
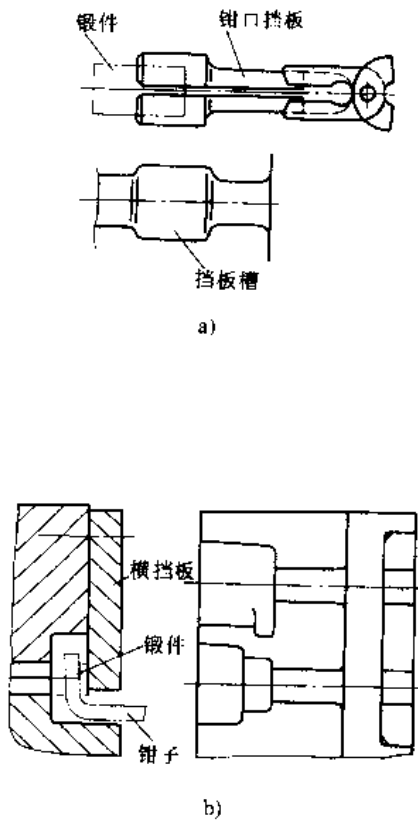


图 5-5-33 后挡板结构

a) 钳口挡板 b) 横挡板 c) 框架式挡板 d) 支架式挡板

5.2.2 凸模

整体式凸模(图 5·5-31 I、II)多用于积累模膛，组合式凸模(图 5·5-31 III、IV)多用于成型、穿孔等模膛。

5.2.3 凸模夹持器(图 5·5-32)

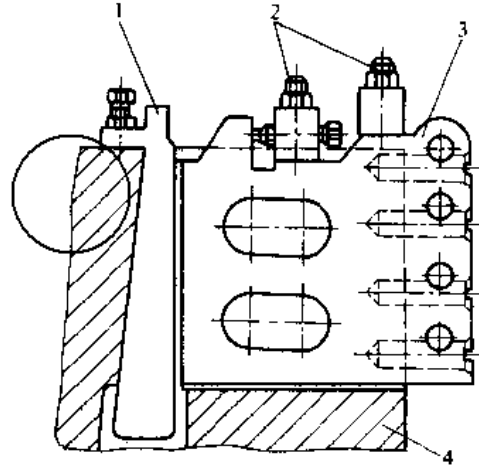


图 5-5-32 凸模夹持器

1—调整斜铁 2—紧固螺栓 3—凸模夹持器 4—主滑块



5.2.4 挡板

(1)前挡板设在平锻机上,用来控制变形金属的长度。适用于一坯多件。

(2)后挡板设在模具上(或连接在平锻机上),主要用来控制锻件杆部长度(图5.5-33)。钳口挡板适用于杆部较短,前端伸不出凹模的杆类锻件;横挡板适用于杆部后端伸出凹模不多的杆类锻件;框架式挡板适用于杆部后端伸出凹模 $<500\text{mm}$ 的杆类锻件;支架式挡板适用于杆部后端伸出凹模 $>500\text{mm}$ 的杆类锻件。

5.3 平锻机规格的确定

可按下列经验公式选用:

$$F=57.5KA \quad (\text{kN})$$

式中 A ——锻件沿锻造方向最大投影面积(含飞边)
(cm^2)

K ——系数(参见第3篇第5章表3.5-15)

6 切边、冲孔模

切边、冲孔模是切除锻件飞边和孔内连皮的模具。

6.1 切边、冲孔模结构形式(图5.5-34)

切边模通常由上、下模座、凸模、凹模、导向零件、顶出卸料零件及紧固定位零件组成。有时因锻件和设备因素也省略一些辅助零件。

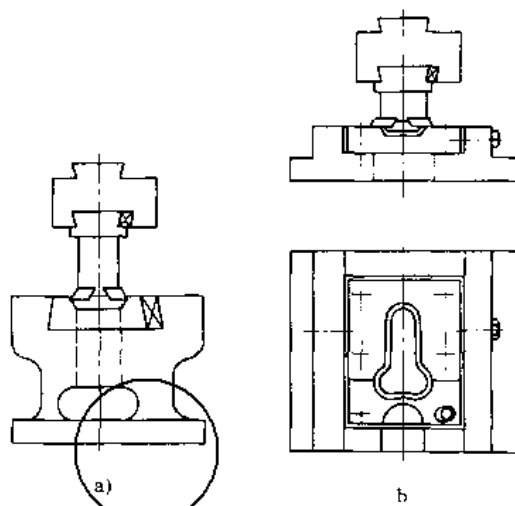


图5.5-34 切边模结构

a) 高座整体凹模 b) 低座组合凹模

6.2 切边、冲孔模工作零件设计

整体凹模主要用于圆形锻件。组合式应用较多,适于长轴类和复杂形状锻件,分块便于制造、调整、更换。

冲孔用凸凹模间隙见表5.5-20,切边用凸凹模间隙见表5.5-21。凹模和冲孔凸模刃口直边高度取5~10mm,后角取 5° 。

切边和冲孔凹模尺寸见表5.5-22。

表5.5-20 冲孔凸凹模间隙值(mm)

冲孔料厚 s	间隙 δ	
	热冲孔	冷冲孔
4	0.2	0.3
8	0.4	0.6
12	0.6	0.9
16	0.8	1.2
20	1.0	1.5

注:摘自参考文献[14] 171页。

表5.5-21 切边凸凹模间隙值

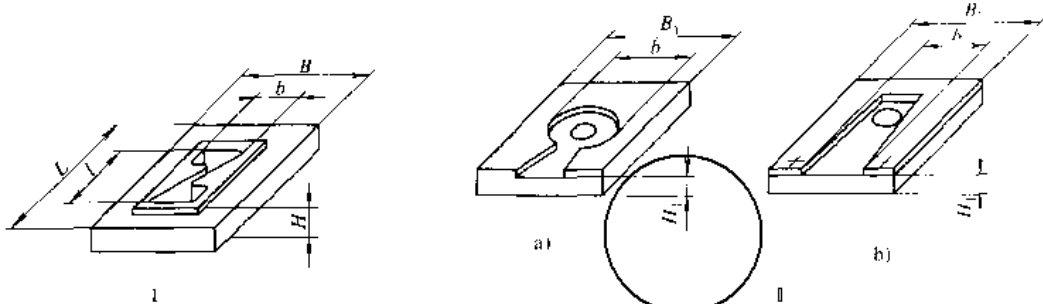
(mm)

I		II	
h	δ	d	δ
≤ 5	0.3	≤ 20	0.2
$> 5 \sim 10$	0.5	$> 20 \sim 30$	0.3
$> 10 \sim 20$	0.8	$> 30 \sim 45$	0.5
$> 20 \sim 25$	1.0	$> 45 \sim 60$	1.0
$> 25 \sim 30$	1.2	$> 60 \sim 70$	1.2
> 30	1.5	> 70	1.5

注:摘自参考文献[14] 171页。



表 5·5-22 切边和冲孔凹模尺寸 (mm)



b	B	H	l	L	B_1	H_1
≤ 30	160	50	≤ 100	160	125	40
$> 30 \sim 70$	200	50	$> 100 \sim 130$	250	160	40
$> 70 \sim 120$	250	50	$> 130 \sim 250$	400	200	40
$> 120 \sim 185$	315	63	$> 250 \sim 350$	500	250	50
$> 185 \sim 270$	400	63	$> 350 \sim 450$	630	350	50
$> 270 \sim 370$	500	63	$> 450 \sim 630$	800	450	50
$> 370 \sim 500$	630	80	$> 630 \sim 800$	1000	560	63

注：摘自参考文献 [14] 172 页。

切边模飞边卸料器的常用结构见图 5·5-35。

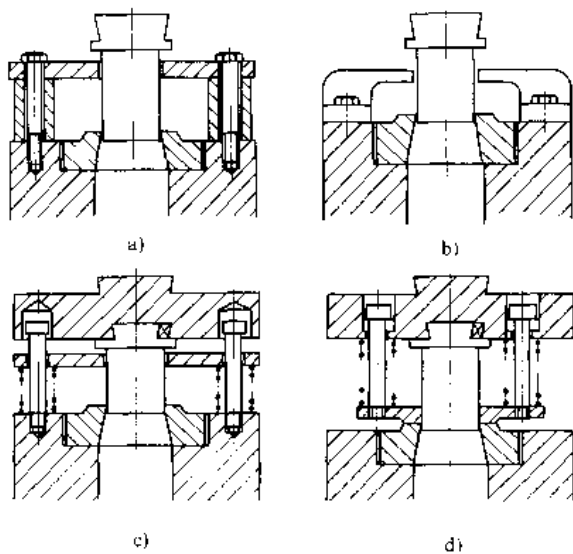


图 5·5-35 切边模飞边卸料器

a) 封闭式刚性卸料器 b) 对开式刚性卸料器 c) 安装在凹模上的弹性卸料器 d) 安装在凸模上的弹性卸料器

(摘自参考文献 [14] 173 页。)

7 锻模材料的选用及热处理要求

锻模的工作条件严峻，要承受反复冲击载荷和冷热交变作用，产生很高的应力。金属流动时还会产生摩擦效应，热处理或使用不当还会造成早期脆裂或压陷。

因此对材料性能要求很高。

主要的锻模模块用钢有三类：镍铬钼钢，适于承受冲击载荷；铬钼钒钢，抗热疲劳性能好；钨铬钒钢，回火稳定性好。这三类钢按顺序回火稳定性增加，韧性减小。

常用钢种见表 5·5-23。

表 5·5-23 锻模模块用钢

钢种	特点及主要用途
5CrNiMo	淬透性、回火稳定性较好，用于锤锻模、机锻模、螺旋压力机锻模、校正模
4CrMnSiMoV2	淬透性好，用于中小型锤锻模、螺旋压力机锻模
4Cr2MoVNi	淬透性好，用于大型锤锻模和 200mm 以上的机锻模
3Cr2WMoVNi	回火稳定性好，用于 200mm 以下的机锻模
8Cr3	强度高，多用于平锻模、切边模

此外，4Cr5MoV1Si 多用于中小型锻模；15Cr2Ni-MoVSi 多用于大型锤锻模；4Cr5W2VSi 多用于镶块；3Cr2W8V 多用于镶块和顶杆。

锻模模块的热处理要求，主要取决于锻造设备的类型和模膛形状和大小。机锻模要选用较高的强度或硬度，锤锻模则较低；深模膛和大模块要求韧性和淬透性都好，强度或硬度就选得低些。

锻模模块的热处理硬度见表 5·5-24。



表 5-5-24 锻模模块硬度

锻模种类	模 块	模 腔 表 面	燕 尾
<2t 锤锻模 一般情况 个别情况		352~388HBS	302~341HBS
		362~415HBS	
3t, 5t 锤锻模		321~362HBS	285~321HBS
5t, 10t 锤锻模		311~341HBS	285~321HBS
机锻模	362~415HBS		
螺旋压力机锻模	362~415HBS		
平锻模	362~415HBS		
热切边模	368~415HBS		
热校正模	368~415HBS		

第 6 章 粉末冶金模^[17]

1 粉末冶金模分类、特点及用途

粉末冶金的基本工序是：粉末制备、成型、烧结及后续加工。成型是重要的一环，除了粉末轧制外，几乎

所有粉末冶金制品的成型均需使用模具。根据成型制品的材料、性能、形状及精度要求，将采用不同的成型方法和使用相应的模具。

粉末冶金模的分类、特点及用途见表 5-6-1。

表 5-6-1 粉末冶金模分类、特点及用途

分 类	特 点	用 途
常 温 压 模	成型模 粉末放在模具中加压成型。成型坯件的精度、密度较高，生产效率高 受压制压力、形状复杂程度的限制，不宜压制面积过大、过长、过薄、锥形以及难以脱模的坯件	适用于压制铁基合金、铜基合金、不锈钢、硬质合金等柱形为主的坯件。适合大批量生产
	整形模 将经过烧结的坯件进行模压作整形，以提高尺寸精度、降低表面粗糙度，增大坯件密度及表面硬度	适用于铁基合金、铜基合金、不锈钢等高精度坯件的生产
	挤压模 将拌有粘结剂、润滑剂的粉末，在筒形腔中受压，并通过挤压模的挤出口，挤出所需断面形状的条形坯件	适用于硬质合金麻花钻、焊条、针状件以及粉末高速钢条形坯件的成型
	等静压模 成型方法有： 1. 粉末装入塑料或橡胶包套中，由高压液体对包套内的粉末均匀加压成型 2. 粉末装入塑料或橡胶制的弹性模中，弹性模放在钢模中加压，粉末受均匀压力而成型	方法 1 适用于制造钨、钼、硬质合金、钛合金的大型管棒坯件 方法 2 适用于制造硬质合金小型的球形、锥形坯件
加 热 压 模	热压模 将粉末或预成型坯件放在模具中，模具由传导、自身电阻或感应加热，在低于粉末中主要金属的熔点温度下加压成型，可获致密的制品。常用模具材料有石墨、陶瓷、高镍合金及高速钢等	适用于硬质合金、金属陶瓷及金刚石工具等制品的生产
	热模锻模 将粉末预制坯加热，放入锻模中进行无飞边锻造，获得致密的并接近成品形状的制品，锻模常用材料为 3Cr2W8 钢	适用于铁基高强度齿轮、链轮、连杆等结构件的生产
	热挤压模 将粉末装入金属包套内，抽真空后封口，包套加热后在模壁有润滑剂的挤压模内挤出成材	适用于粉末高速钢棒条的制造



(续)

分类	特 点	用 途
加热 压模	将粉末装入金属包套内,抽真空后封口,包套在热等静压机中,在高温高压下成型,载体为氩等惰性气体	制造难熔金属、硬质合金等大型制品
无	松装烧结模 将粉末装入炉具中震实,模具与粉末一起入炉烧结成为多孔制品,模具可重复使用。模具常用材料有石墨、铸铁、不锈钢和陶瓷	青铜过滤器的生产
压 成	松装成型模 将芯板放在模具型腔下,型腔中装满粉末后刮平,取去模具,芯板连同一层均匀粉末入网带炉烧结,粉末与芯板焊接牢固,经复压达到所需的密度	低负荷摩擦片的大批量生产
型	泥浆浇注模 将粉末与加有粘结剂(如糊精)的水调成糊状,注入石膏模内,干燥后脱模成型	高合金、精细陶瓷材料且形状复杂件的成型
模	冷冻成型模 将加有水的粉末,注入金属模内冷冻成型,将坯件埋入填料中脱水并烧结成制品	高合金及精细陶瓷制品的制造
注射成型模	将超细粉末与塑料搅拌混合后造粒,在注塑温度下用注塑机将混合料注射到模具型腔中成型,制品在填料中经缓慢加热而排塑,并烧结成高精度致密制品	铁、镍、不锈钢、硬质合金及精细陶瓷等材料的复杂形状制品的生产

粉末冶金模种类较多,本章仅就工厂普遍使用的、制造机械零件的成型模、整形模加以叙述。

2 压模结构设计

2.1 成型模结构设计

2.1.1 设计前需考虑的有关方面

(1) 制品形状是否适合压制工艺。如形状过于细长、壁厚过薄、有横孔、横槽、倒锥,将造成制品大的密度差,模具局部过于脆弱、无法脱模等问题时,需与用户协商,修改形状或留少量后加工余量。

(2) 根据制品的精度及粗糙度要求,确定是否需要整形和采用何种整形方式。

(3) 根据制品的性能要求、化学成分及密度,预算出压制单位压力、总压力及脱模力,确定需用设备的容量。

(4) 根据生产批量及设备条件,确定采用手动模或自动模,并考虑设备行程和工作台面尺寸能否满足工艺要求。

(5) 根据制品的长细比、长薄厚比或侧正面积比,选择单向压制、双向压制或双向摩擦压制,以满足坯件密度均匀性的要求。

2.1.2 结构设计顺序

1. 压制方向的选择 坯件在压制时的压制方向,

亦即哪一面向上,应根据不同的要求确定。应考虑:

(1) 为便于脱模,避免横向孔、圆弧面不要在侧面等。

(2) 为利于坯件密度均匀,尽量减小长细比、坯件的凹坑面应向上,凸脐面应向下等。

(3) 需便于自动压制时补偿装粉。如坯件有台阶时,内、外台阶都应在上。

(4) 是否需采用仿形装粉。

(5) 高精度面应在侧面。

(6) 是否需减小压制压力。

(7) 是否需减小模具高度、压制行程、脱模行程和脱模力。

(8) 自动压制时有利于推料。

(9) 是否需要提高坯件底孔局部密度等。

2. 补偿装粉结构形式选择 压制时由于粉末流动性差,因此,对于沿压制方向横截面有变化的制品(如带台、锥面、球面件等),为使坯件密度均匀,应采用组合模冲,通过补偿装粉使坯件各部位的压缩比大致相等。

补偿装粉结构形式见表 5-6-2。

3. 确定成型模基本结构方案 根据坯件的形状、压制方向、压制方式、脱模方式、补偿装粉的要求,以及设备具有的性能来确定模具的基本结构方案。结构形式见表 5-6-3。

4. 计算装粉高度与凹模壁厚 根据坯件高度与粉末的压缩比(坯件密度与粉末松装密度之比),算出



表 5-6-2 补偿装粉结构形式

坯件类型		压制时下模冲下浮		坯件类型		压制时下模冲下浮		
端带一台阶				带斜面	型式 1			
		型式 2						
		型式 3						
中间带一台阶				带斜面	型式 4			
等高错位相切					带圆弧面	型式 1		
		型式 2						
		型式 3						
三段高度				带圆弧面	型式 1			
		型式 2						
		型式 3						



表 5·6-3 成型模基本结构形式

(续)

结构简图	结构特点	适用范围
	单向压制、顶出式脱模	长细比 $h/d < 1 \sim 1.5$ 的无台阶实心柱体
	双向压制 (凹模由压机缸液压浮动)、凹模下移式脱模	长细比 $1 < h/d < 3$ 的无台阶实心柱体
	双向摩擦压制、顶出式脱模	长与壁厚比 > 6 的无台阶实心柱体
	后压, 顶出式脱模	长细比 $1 < h/d < 3$ 的无台阶实心柱体
	单向压制、顶出式脱模	长与壁厚比 < 3 的无台阶套类件
	双向压制、下移式脱模	长与壁厚比为 $3 \sim 6$ 的无台阶套类件
	双向摩擦压制, 下移式脱模	长与壁厚比 ≤ 7.5 的无台阶套类件

结构简图	结构特点	适用范围
	浮动压套、顶出式脱模	带外台阶的套类件
	凹模、芯棒和压套均浮动, 脱模时活动压垫移开, 凹模下移式脱模	带外台阶的套类件
	大芯棒浮动、顶出式脱模	带内台阶或盲孔、小通孔坯件
	双向压制、凹模上下对开脱模	球面外形坯件

装粉高度。有补偿装粉时,组合模冲要分别算出各段的装粉高度。对于中小型坯件,凹模壁厚一般为(0.5~1.5)凹模孔径。对于大型坯件,凹模壁厚一般为(0.25~0.5)凹模孔径。坯件高度越大,系数亦越大。

5. 绘制结构总图

2·1·3 连接方式设计

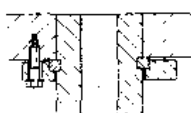
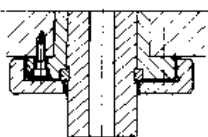

凹模、芯棒和上、下模冲等主要零件与有关件的连接,应考虑使用中安全可靠、安装和拆卸方便、结构简单。

1. 凹模与模板或模座的连接形式 (表 5·6-4)
2. 模冲与有关件的连接形式 (图 5·6-1)

图 a 为模冲与模板的连接,用淬硬垫板支承。图 b 为组合模冲的连接,外模冲固定,内模冲浮动。图 c 为组合模冲的连接,内模冲固定,外模冲浮动。图 d 为模冲插入模柄孔,用支紧螺钉紧固连接。图 e 模冲与上模



表 5-6-4 凹模与模板或模座的连接形式

简 图	特 点	适用范围	简 图	特 点	适用范围
	1. 用对分压圈, 凹模装卸方便 2. 压圈槽位于凹模高度中间, 凹模可调头使用, 延长使用寿命 3. 模板上面平整 4. 凹模过高时, 模板过厚	凹模高度不大、易磨损而需拆卸时		1. 改变中间套的内径与高度, 可适应不同外径和高度的凹模 2. 其他优缺点同上 3. 结构较复杂	高度较大的凹模
				1. 凹模易装卸并可调头使用 2. 模板有凹坑易掉入粉末	脱模力小及高度小时

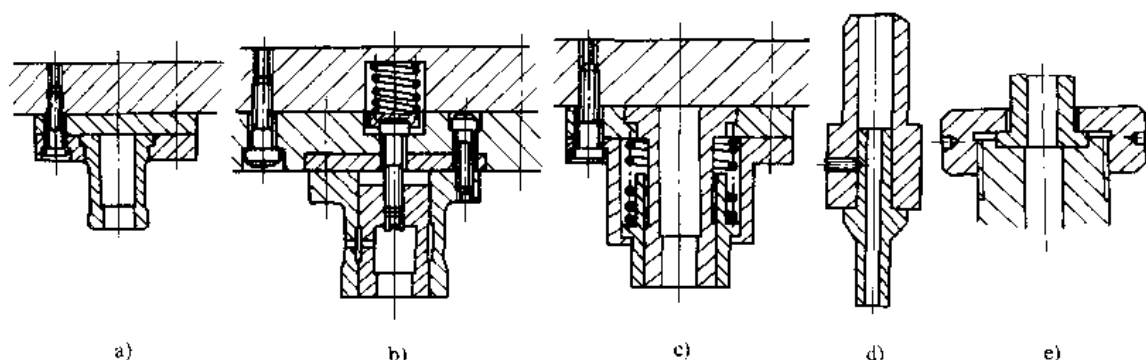


图 5-6-1 模冲与有关件的连接

用螺帽连接。

3. 芯棒与压机下缸的连接形式 (图 5-6-2)

图 a 为用螺纹连接, 便于装拆, 但对螺纹与芯棒外圆要求有较高的同轴度。图 b 为芯棒用压圈连接, 安装精度及受力条件较好, 但装拆不便。

4. 导柱与模板的连接形式 (图 5-6-3)

图 a 导柱与上模板连接, 导套在中模板上, 导柱兼作拉杆。图 b 导柱由螺钉及垫圈对模板限位, 垫圈尚且防止粉尘进入导套的作用, 适用于凹模浮动量较少时。图 c 导柱由螺钉及垫圈对模板限位, 当需要调节装

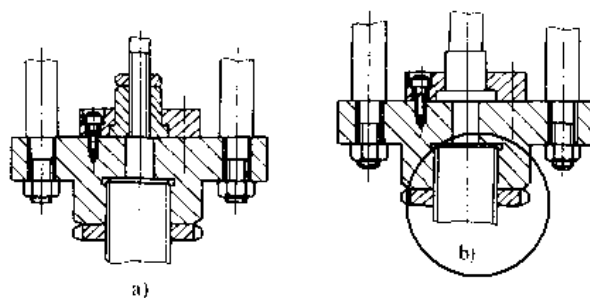


图 5-6-2 芯棒与压机下缸的连接

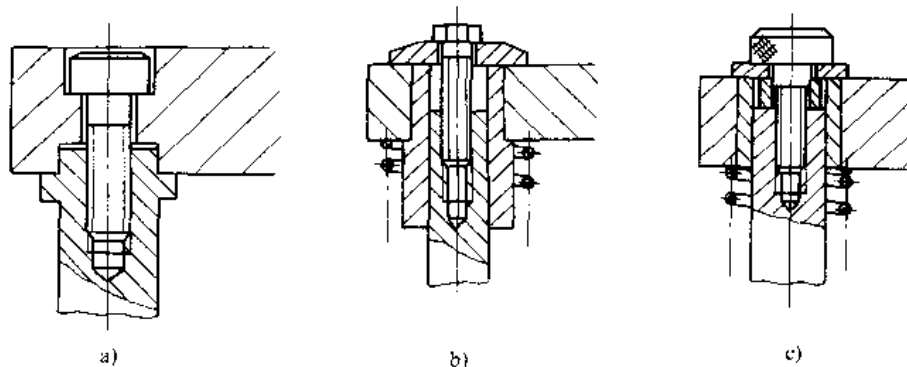


图 5-6-3 导柱与模板的连接



粉容积时，可更换垫圈调节模板限位位置。

2.1.4 浮动结构设计

凹模和芯棒的浮动，通常是为了实现双向压制或双向摩擦压制，此外，还具有调节装粉容积的作用。用

组合模冲时，内或外模冲需要浮动，起补偿装粉或对局部粉末作预压的作用，从而使坯件密度均匀。

浮动力有弹簧力、气动力、液体节流阻力和摩擦力等。使用较多的是弹簧和气压浮动。

弹簧浮动结构形式如图 5-6-4 所示。

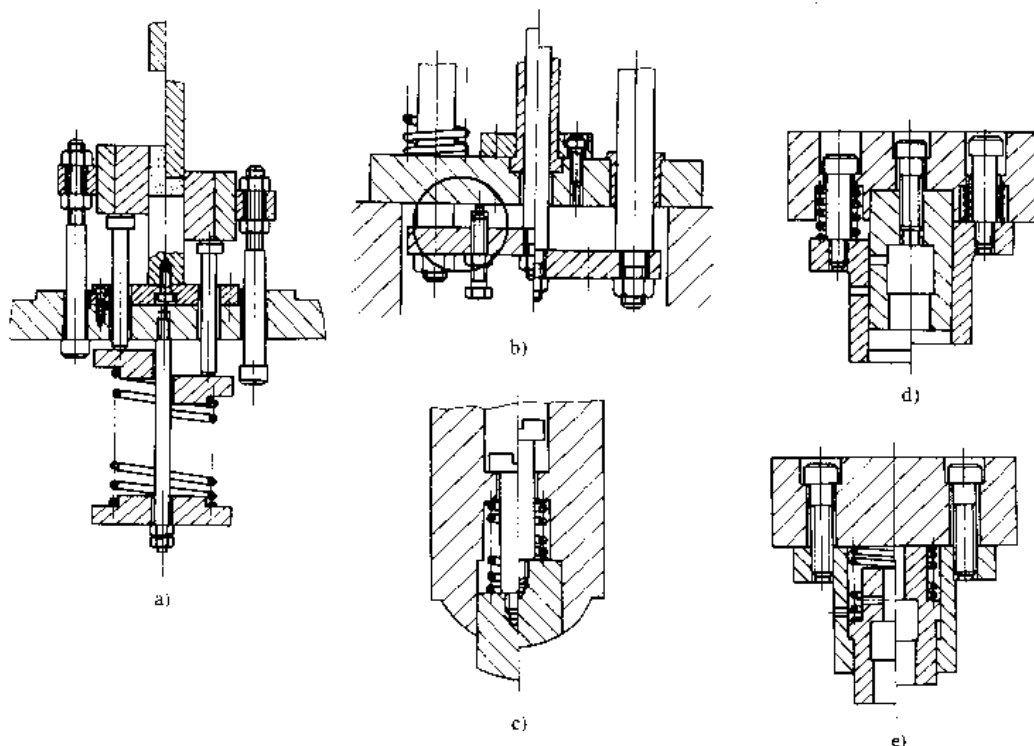


图 5-6-4 弹簧浮动结构形式

图 a 为凹模浮动，调节限位拉杆螺帽可调节装粉容积，适用于闭合高度小的压力机。图 b 为凹模与芯棒一起浮动，由调节螺钉调节装粉容积。图 c 为内模冲浮动，由弹簧力预压粉末，改变装粉状态，以获得密度较均匀的带弧面坯件。图 d 为外模冲浮动，由弹簧力预压粉末使改变装粉状态，以获得密度较均匀的带凸脐坯件。图 e 为内模冲浮动，由弹簧力预压粉末使改变装粉状态，以获得密度较均匀的带凹坑坯件。

气压浮动与弹簧浮动相比，气压浮动结构占用轴向空间小、浮动力恒定、可实现双向动作。但气缸、活塞等加工精度要求高，浮动力受活塞面积限制，一般较小。

气压浮动结构形式见图 5-6-5。

图 a 为压制带凸脐坯件的组合模冲的气压浮动结构。图 b 为压制带凹坑坯件的组合模冲的气压浮动结构。

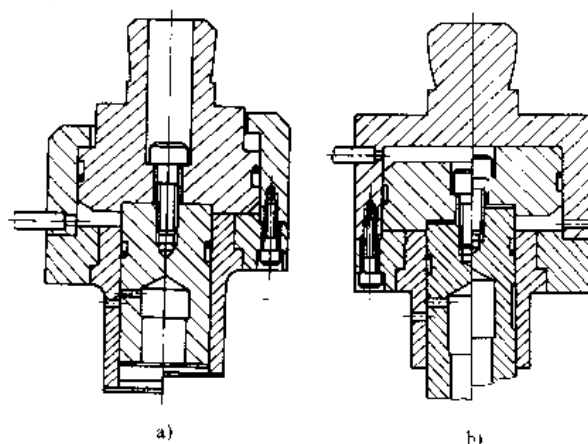


图 5-6-5 气压浮动结构形式

2.1.5 成型模结构实例

图 5-6-6 所示为用于冲床上的套类件成型的单向



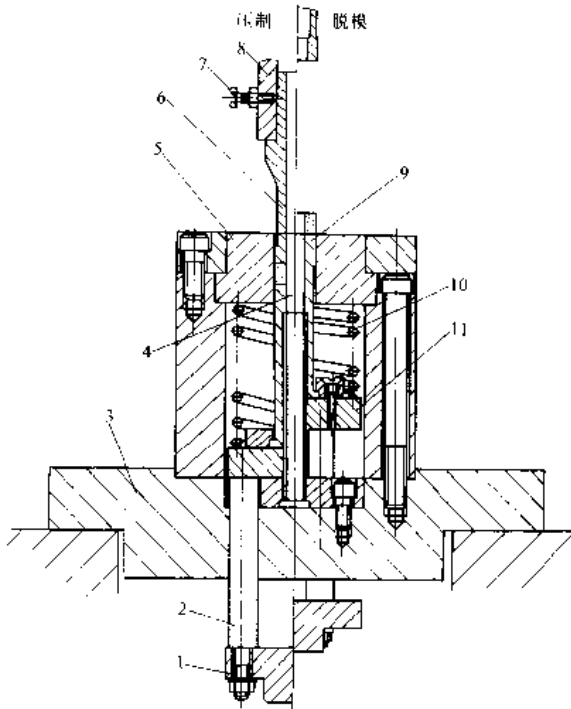


图 5-6-6 套类件单向压制模

- 1—顶板 2—螺栓 3—下模板 4—芯棒 5—凹模
6—上模冲 7—支紧螺钉 8—模柄 9—下模冲
10—弹簧 11—垫板

压制模。凹模5固定不动，上模冲6用支紧螺钉7固定在模柄8上，芯棒4固定于下模板3，下模冲9固定于垫板11，脱模用顶板1由三根螺栓2与垫板相连。脱模时，由冲床顶出机构推动顶板而顶出坯件。下模冲由自重及弹簧10复位。此模具不能调节装粉容量。

图 5-6-7 所示为套类件成型的浮动压模。凹模3及芯棒2浮动，实现双向压制。下模冲1浮动是为了调节装粉容积，为此要求凹模弹簧力小于调节板4的弹簧力。脱模时，由压机顶出机构通过顶杆顶出坯件，下模冲靠自重及弹簧力复位。

图 5-6-8 为压制带外台阶件的下移式压模。凹模7及芯棒4通过拉杆2与下缸1相连，压制时浮动。内下模冲5固定在下模板3上，外下模冲8由拉杆弹簧11通过托板12、托柱10托起。调节托柱上的螺帽13可调节补偿装粉高度，并由螺帽限位。压制时，外下模冲压在活动垫板9上。脱模时，上模冲上升复位。下缸将凹模及芯棒拉下。同时，脱模斜楔6随凹模下行，压向滚轮15，将活动垫板撑开，外下模冲即可自由下行，先脱台阶出凹模。下缸继续下行，脱出整个坯件。凹模和芯棒复位后，活动垫板由弹簧14复位。

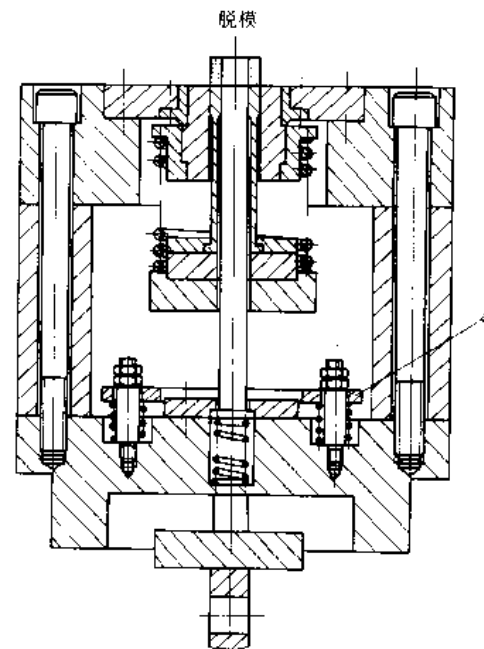
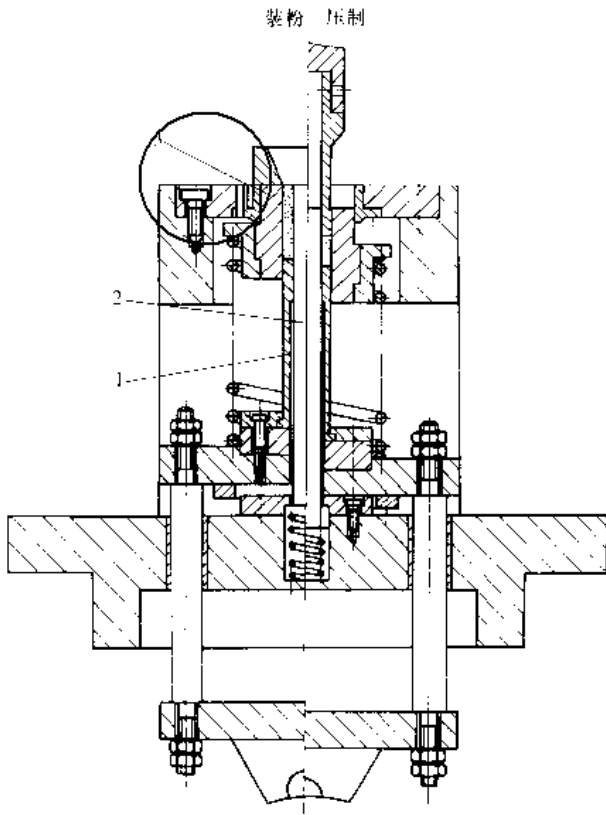


图 5-6-7 套类件浮动双向压制模

- 1—下模冲 2—芯棒 3—凹模 4—调节板



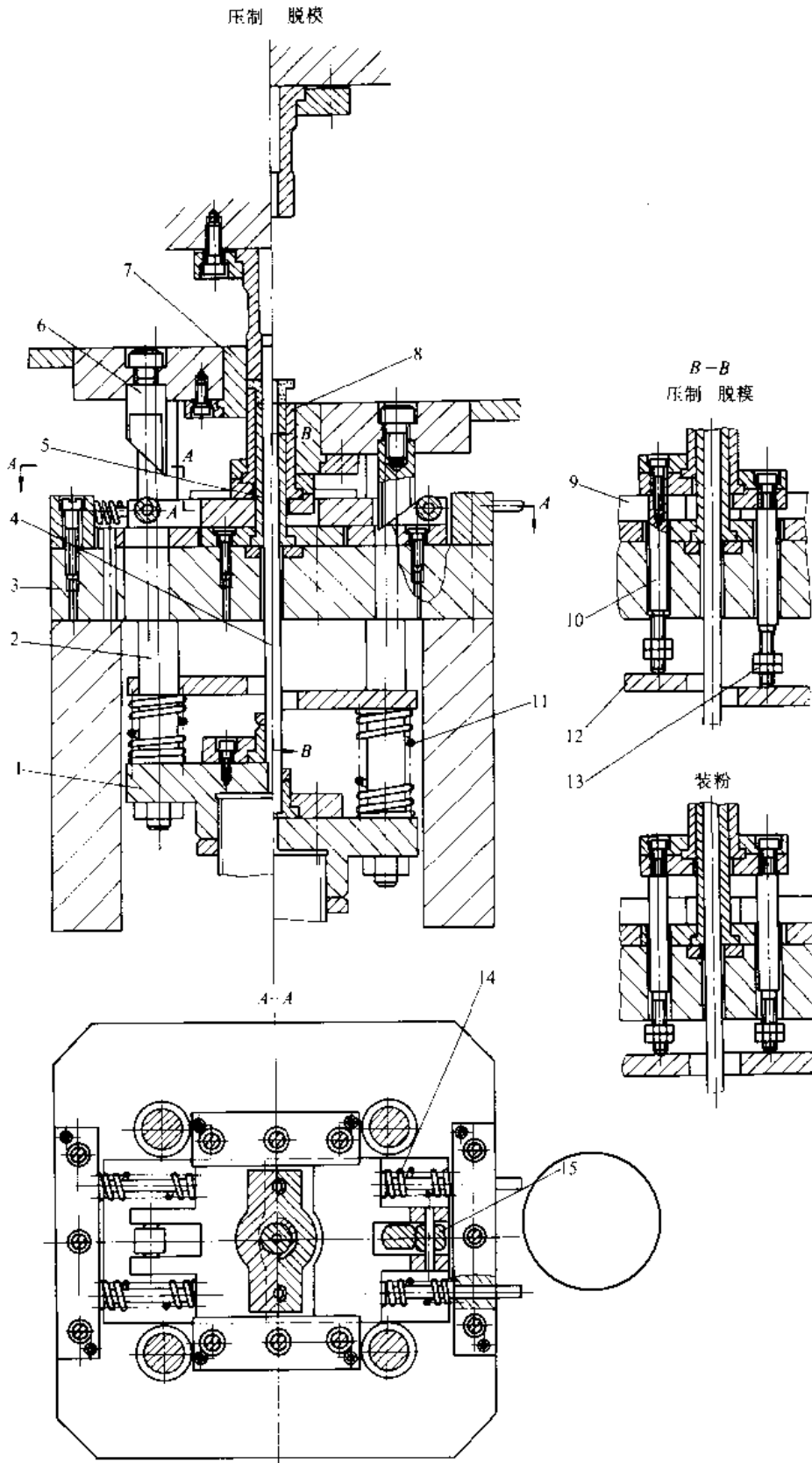


图 5-6-8 压制带外台阶件的下移式压模

- 1—下缸 2—拉杆 3—下模板 4—芯棒 5—内下模冲 6—脱模斜楔 7—凹模 8—外下模冲
 9—活动垫板 10—托柱 11—拉杆弹簧 12—托板 13—螺帽 14—弹簧 15—滚轮



2·2 整形模结构设计

2·2·1 整形目的及方式

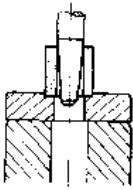
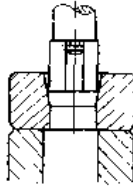
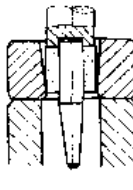
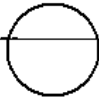
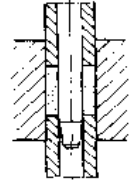
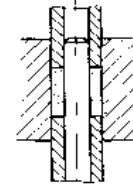
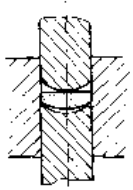
整形是为了提高制件的尺寸及形状精度、降低表面粗糙度、提高密度和硬度。整形过程使制件表面产生

塑性变形(伴有弹性变形),以校正烧结过程中产生的尺寸变化及收缩变形。同时,整形过程中制件侧面与光整模壁间的挤压及摩擦,降低了制件的表面粗糙度。

根据制件的精度及密度要求,确定是否需要整形以及用何种整形方式。

各种整形方式参见表 5·6-5。

表 5·6-5 整形方式

方式	简图	特 点	适 用 条 件
单整内径		内径有整形余量, 外径不整形	外径精度要求低, 内径尺寸精度为 IT8~IT10 级
单整外径		外径有整形余量, 内径不整形	内径精度要求低, 外径尺寸精度为 IT8~IT10 级
内、外径同时整形		内、外径均有整形余量	 内、外径尺寸精度为 IT6~IT8 级时, 为应用最多的一种
全整形		内、外径及高度均有整形余量, 下压率约 1%~3% 整形时制件各向受力	制件高度较小, 内、外径尺寸精度为 IT5~IT8 级
复 压		制件内、外径均留装模间隙, 下压率较大, 为 15%~20% 金属有一定程度流动	制件高度较小, 密度要求较高时
精 压		改变制件形状, 如端面压出图案、油槽、弧形等	如瓦形件等初压成型困难的制件



2.2.2 整形模结构基本形式 (表 5-6-6)

表 5-6-6 整形模结构基本形式

整形方式	简 图	结 构 特 点
单整内径	<p>a) b)</p>	<p>图 a 直线送进、柱定位、挡板限位, 保证脱模 图 b 转盘送进、设定位、球作芯棒、循环使用</p>
单整外径	<p>a) b)</p>	<p>图 a 斜槽送进、槽底定位 图 b 转盘送进、设定位</p>
内外径同时整	<p>a) b)</p>	<p>图 a 直线送进, 弹簧滚珠定位、上滑块串芯棒、串毕滑块外退。下部活动挡爪脱芯棒用, 用于整形余量较大时 图 b 直线送进、下部锥面活动挡爪脱芯棒用</p>
全整形	<p>a) b)</p>	<p>图 a 先串芯棒、下模浮动到刚体受压进行全整形 图 b 先整内外径, 然后进行高度全整形</p>



2.2.3 整形模结构实例

图 5-6-9 所示为轴套全整形模。模架有上、中、下三层模板，上模板 3 作导向用，中模板 2 为固定凹模用，下模板 1 为承压用，并固定在压机上。芯棒 6 插在模柄 5 形槽中，由上模冲 7 定位。下模冲 8 插在下模座 10 的 T 形槽中，由凹模 9 的内孔定位。整形时，模柄下行，芯棒先串入坯件孔，上模冲被模柄强制下压，迫使坯件压入凹模内完成全整形。模柄上行时，下模冲被顶出机构向上顶，使坯件顶出凹模，同时，芯棒被模柄带着上行，而上模冲被模柄孔内的顶柱 4 挡住限位，迫使坯件脱出芯棒。

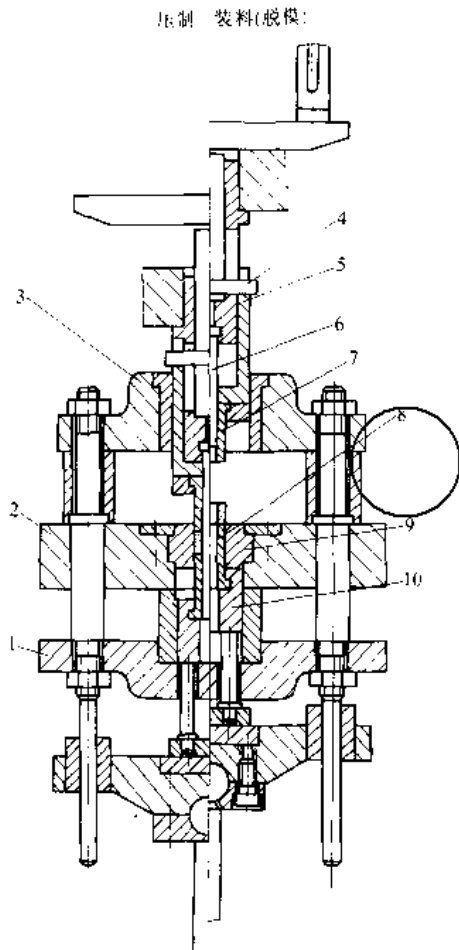


图 5-6-9 轴套全整形模

- 1—下模板 2—中模板 3—上模板 4—顶柱
- 5—模柄 6—芯棒 7—上模冲 8—下模冲
- 9—凹模 10—下模座

3 压模工作零件设计

3.1 工作零件尺寸计算

3.1.1 径向尺寸计算

径向尺寸计算时，先整形模，后成型模；先成型尺寸（凹模内径、芯棒外径），后配合尺寸（模冲内、外径）。计算公式见表 5-6-7。

表 5-6-7 径向尺寸计算公式 (mm)

	计 算 公 式
整形凹模内径 D_z	$D_z = D_{\min} - \delta_1$
整形芯棒外径 d_z	$d_z = d_{\max} + \delta_2$
成型凹模内径 D_c	$D_c = D_z (1 + c - g) + \Delta_1$
成型芯棒外径 d_c	$d_c = d_z (1 + c - g) - \Delta_2$
模冲外径 D_{ch}	$D_{ch} = D_{zc} - e_c$
模冲内径 d_{ch}	$d_{ch} = d_{zc} + e_c$

公 式 代 号

D_{\min} —坯件外径最小尺寸	Δ_1 —坯件外径整形余量
δ_1 —坯件外径整形回弹量	Δ_2 —坯件内孔整形余量
d_{\max} —坯件内孔最大尺寸	D_{zc} —凹模内径中间尺寸
δ_2 —坯件内孔整形回弹量	d_{zc} —芯棒外径中间尺寸
c —烧结收缩率 (%)	e_c —配合间隙中值
g —坯件回弹率 (%)	

3.1.2 轴向尺寸计算

轴向尺寸计算主要是装粉高度，其他轴向尺寸由结构需要而定。

无台柱状坯件的装粉高度

$$h_o = \frac{\rho_K}{\rho_c} h_K \quad (\text{mm})$$

式中 ρ_K —坯件密度 (g/cm^3);

ρ_c —粉末松装密度 (g/cm^3);

h_K —坯件高度 (mm)。

带台柱状坯件及其它非柱状坯件的装粉高度，需通过组合模冲的补偿装粉使各处粉末的压缩比大致相同的原理来进行计算。



3-1-3 铁、铜基合金坯件的工艺参数

表 5-6-8 铁、铜基粉末的松装密度 ρ_0

(g/cm³)

1. 粉末的松装密度 (表 5-6-8)
2. 坯件回弹率 (表 5-6-9)
3. 坯件的烧结收缩率 (表 5-6-10)
4. 整形余量及整形回弹量 整形方式不同, 整形余量及回弹量亦不同。内外径同时整形的余量及回弹量见表 5-6-11, 全整形的余量及回弹量见表 5-6-12,

粉末类型	范围	常用值
电介铁粉	1.8~2.2	2.0
还原铁粉	2.0~2.8	2.4
雾化铁粉	2.5~3.2	2.8
雾化 6-6-3 锡青铜粉	2.4~3.1	2.7
电介铜粉	1.7~1.9	1.8

表 5-6-9 铁、铜基坯件回弹率 g

(%)

密度 (g/cm ³)	>5.6~6.1		>6.1~6.5		>6.5~7.2		>7.2~7.6	
	范围	常用值	范围	常用值	范围	常用值	范围	常用值
粉末类型								
铁基	0.1~0.2	0.15	0.15~0.25	0.20	0.20~0.30	0.25	—	—
6-6-3 锡青铜	--	—	0.05~0.15	0.10	0.10~0.20	0.15	0.15~0.25	0.20
电介铜粉	--	—	—	—	0.08~0.12	0.10	0.10~0.20	0.15

表 5-6-10 铁、铜基坯件烧结收缩率

(%)

成分	密度 (g/cm ³)	收缩率		工艺条件
		范围	常用值	
纯铁	>5.6~6.1	0.5~0.8	0.6	烧结温度 1000~1150℃
	>6.1~6.5	0.3~0.7	0.5	
	>6.5~7.1	0.2~0.4	0.3	
铁-碳	>5.6~6.1	0.5~1.0	0.8	w_C 1%~3% 烧结温度 1080~1120℃
	>6.1~6.5	0.4~0.8	0.6	
	>6.5~7.1	0.3~0.5	0.4	
铁-铜-碳	>5.6~6.1	0.4~0.7	0.5	w_{Cu} 2%~8%, w_C 0.5%~1.5% 烧结温度 1120~1150℃
	>6.1~6.5	0.1~0.5	0.3	
	>6.5~7.1	-0.2~0.2	0	
6-6-3 锡青铜	>6.5~7.1	1.2~2.0	1.5	烧结温度 780~830℃

注: w_C 、 w_{Cu} 分别为 C、Cu 的质量分数。

表 5-6-11 内外径同时整形的余量及回弹量

(mm)

壁厚	外 径				内 径			
	整形余量 Δ_1		回弹量 δ_1		整形余量 Δ_2		回弹量 δ_2	
	范围	常用值	范围	常用值	范围	常用值	范围	常用值
>3~5	0.040~0.060	0.050	0.005~0.015	0.010	0.020~0.040	0.030	<0.010	0.005
>5~7.5	0.050~0.080	0.060	0.005~0.015	0.012	0.030~0.060	0.045	0.005~0.015	0.010
>7.5~10	0.060~0.100	0.080	0.010~0.020	0.016	0.040~0.060	0.050	0.008~0.016	0.012
>10~15	0.080~0.140	0.110	0.015~0.025	0.020	0.060~0.100	0.080	0.010~0.020	0.015
>15	0.100~0.200	0.150	0.020~0.040	0.030	0.080~0.120	0.100	0.015~0.030	0.020

此星公司制作 请尊重作者版权



表 5-6-12 全整形的整形余量及回弹量 (mm)

壁厚	外 径		内 径				
	整形余量 Δ_1		回弹量 δ_1		整形余量 Δ_2		回弹量 δ_2
	范 围	常用值	常用值		范 围	常用值	常用值
>3~5	0.030~0.050	0.040	0.003		0.010~0.030	0.020	0.002
>5~7.5	0.040~0.060	0.050	0.005		0.020~0.040	0.030	0.004
>7.5~10	0.050~0.070	0.060	0.007		0.030~0.050	0.040	0.006
>10~15	0.060~0.100	0.080	0.009		0.040~0.060	0.050	0.008
>15	0.080~0.120	0.100	0.012		0.050~0.070	0.060	0.010

注：整形下压率为1%~2%。

3.2 工作零件结构设计

3.2.1 成型模工作零件设计

1. 凹模工作孔设计 (图 5-6-10) 图 a 为手动模凹模, 上、下端孔口需设 $R2\sim 4\text{mm}$ 的圆角, 便于装粉及进入模冲, 防止坯件脱模裂纹。图 b 为自动模凹模, 上端孔口需保持尖角以防止口部积粉并利于推出坯件。图 c 为在凹模脱模端孔口设 $h=3\sim 5\text{mm}$ 及 $\alpha=1^\circ$ 的锥度, 防止坯件脱模裂纹。图 d 为当模孔较深时, 允许有 $\leq 1:1000$ 的锥度, 以减小脱模阻力, 并可补偿因密度差而引起的烧结收缩的不一致。使用时应注意脱模方向。

2. 凹模轴向组合结构 (图 5-6-11) 图 a 为成型球面坯件, 为脱模而将其上下对分, 凹模与模套为动配合。图 b 为成型带球面及柱面的坯件, 为便于加工而将其上下对分, 凹模与模套为静配合。图 c 为凹模孔细

长时, 将其分成 2~3 段组成, 以便于加工和解决压机闭合高度小的问题。

3. 凹模镶拼结构 对于整体的异形深孔型腔的凹模, 往往加工困难, 并因应力集中而在热处理或使用中开裂。为此可用图 5-6-12 所示的拼块结构。

4. 芯棒结构 (图 5-6-13) 图 a 为手动模芯棒, 两端设 $R=(0.5\sim 1)\text{mm}$ 圆角, 便于操作、避免划伤。图 b 为带台芯棒, 台阶根部应有 $R\geq 1\text{mm}$ 的圆角, 减小应力集中。图 c 为机动模芯棒, 长度长可分成芯棒与接杆两部分以节约模具钢和便于加工、维修和调换。孔径 D 为连接定位孔。图 d 为长芯棒, 为减少与模冲的摩擦和磨加工量, 设有 $a=0.2\sim 1\text{mm}$ 的台阶。

5. 模冲结构 (图 5-6-14) 图 a 为了减少配合面和精加工量, 设 $H_1、H_2$ 为 $15\sim 25\text{mm}$ 、 $a=0.2\sim 1\text{mm}$ 的退刀。图 b 台阶根部设 $R\geq 2\text{mm}$ 圆角。图 c 为防止坯件开裂, $R_1、R_2\geq 1\text{mm}$ 、 $a=0.5\sim 1\text{mm}$ 。

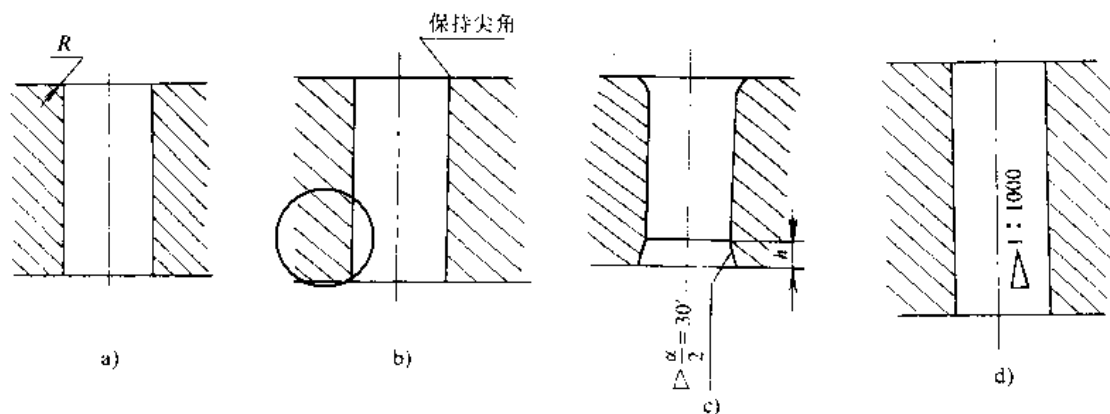


图 5-6-10 凹模工作孔



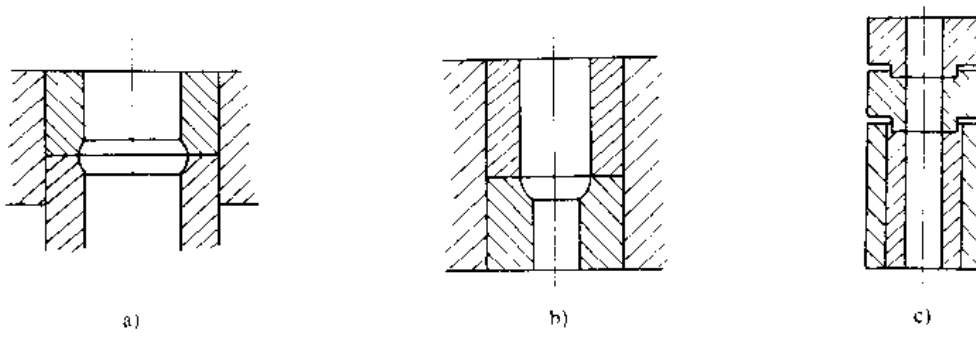


图 5-6-11 凹模的轴向组合结构

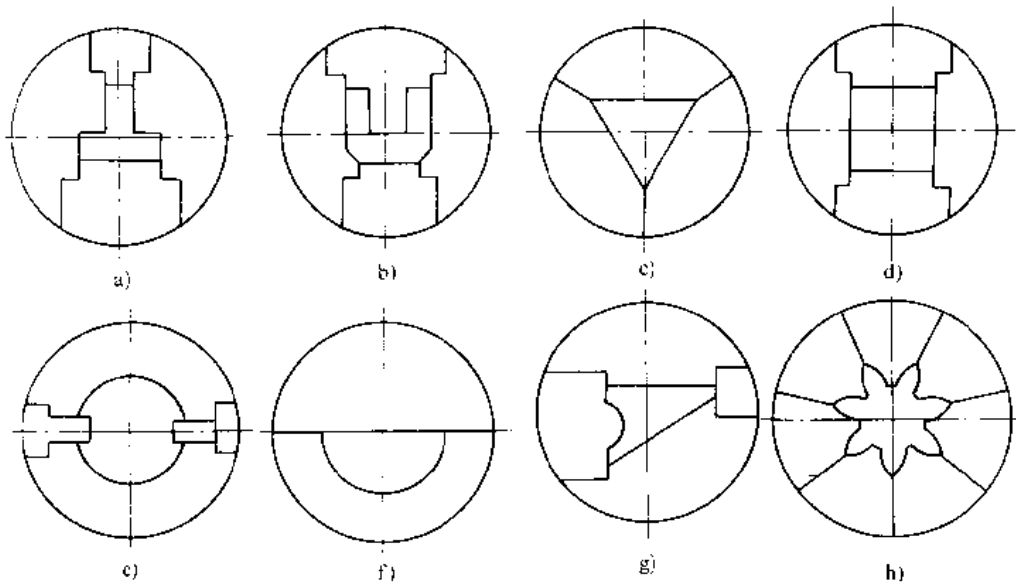


图 5-6-12 凹模拼块形式

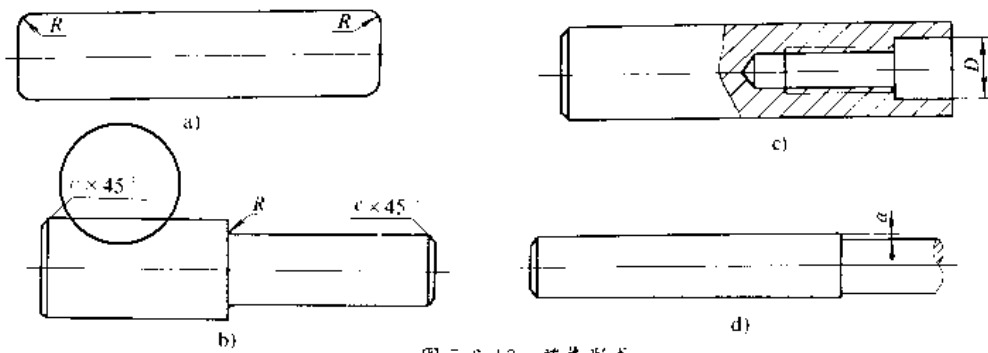


图 5-6-13 芯棒形式

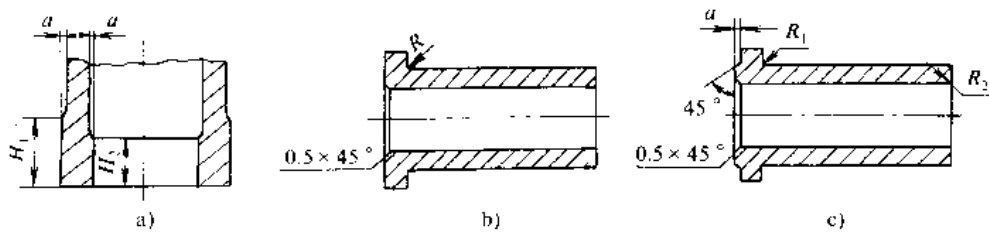


图 5-6-14 倒冲形式

606



3.2.2 整形模工作零件设计

1. 整形凹模工作孔设计 (图 5.6-15) 图 a 为带导向锥度及脱模锥度的凹模, $R=0.5\sim 1\text{mm}$, $H_1=3\sim 5\text{mm}$, $H_2=5\sim 15\text{mm}$ (硬质合金模为 $3\sim 10\text{mm}$), $H_3=1/3$ 坯件高。图 b 下端模口保持锐角, 当坯件脱模后回弹, 在脱芯棒时可防止坯件带回凹模孔内, 上口 $R\geq 1\text{mm}$ 。图 c 为复压或全整形用凹模。 $R\geq 2\text{mm}$, H 为坯

件高度与上下模冲导向高度之和。

2. 整形模芯棒结构 (图 5.6-16) 图 a 为芯棒穿过坯件的形式。 $H_1=H_3>$ 坯件高度, $H_2=5\sim 15\text{mm}$, $\alpha=1^\circ\sim 2^\circ$ 。图 b 为端部有 $R\geq 2\text{mm}$ 的圆角。图 c 为端部有 $\alpha=1^\circ\sim 2^\circ$ 导向锥度, $H=10\sim 20\text{mm}$ 。图 d 为端部焊有硬质合金圈, $\alpha=1^\circ\sim 2^\circ$, $H_1\leq 20\text{mm}$, $H_2=3\sim 5\text{mm}$, $H_3=5\sim 10\text{mm}$, $R_1=R_2=0.5\sim 1\text{mm}$ 。

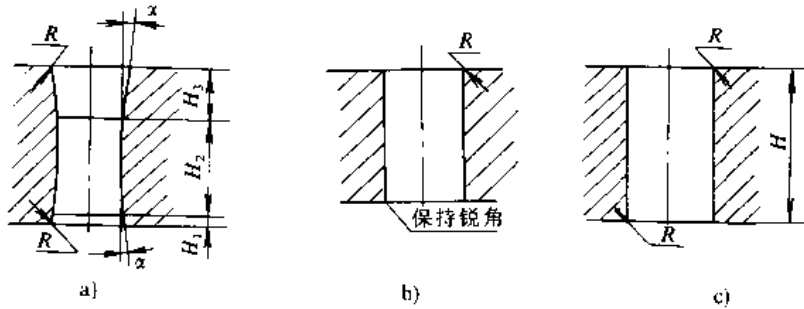


图 5.6-15 整形凹模工作孔

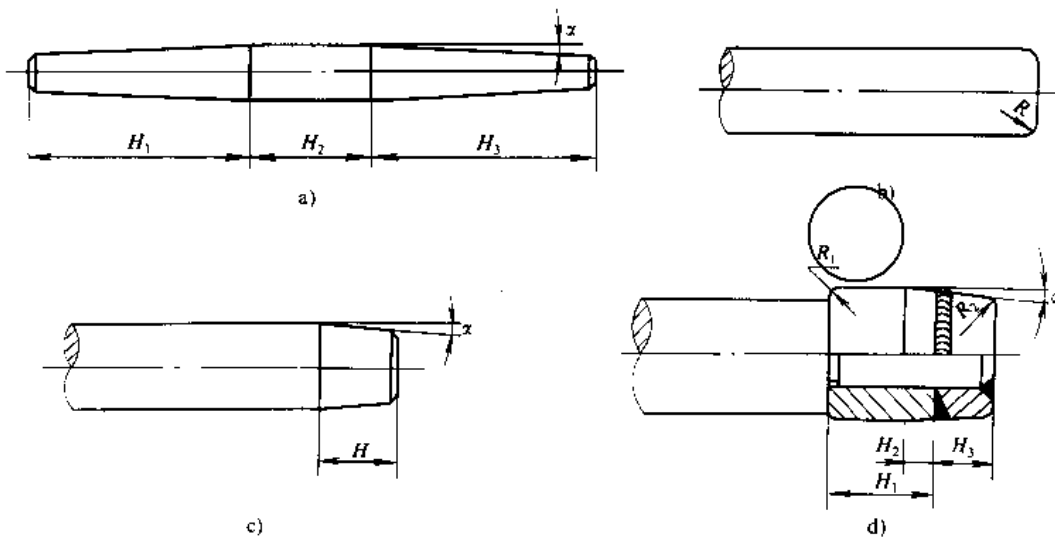


图 5.6-16 整形模芯棒形式

3.3 工作零件的材料及技术要求 (表 5.6-13)

表 5.6-13 工作零件的材料及技术要求

零件名称	选 用 材 料	热处理要求	其它技术要求
凹模芯棒	碳素工具钢: T10A, T12A 合金工具钢: GCr15, Cr12, Cr12Mo, Cr12W, Cr12MoV, 9CrSi, CrWMn, CrW5 高速钢: W18Cr4V, W9Cr4V, W12Cr4V4Mo 硬质合金; 钢结硬质合金, YG15, YG8 (芯棒用硬质合金时, 一般为钢与硬质合金的焊接镶接形式)	钢: 60~63HRC 钢结硬质合金: 64~72HRC 硬质合金: 88~90HRA (钢的细长芯棒可降至 55~58HRC, 带接杆芯棒连接处局部 35~40HRC)	1. 平磨后退磁 2. 粗糙度要求: 工作面: $R_a 0.4\sim 0.1\mu\text{m}$ 配合面及定位面: $R_a 1.6\sim 0.4\mu\text{m}$ 非配合面: $R_a 3.2\sim 1.6\mu\text{m}$ 3. 工作面及配合面公差等级: IT5~IT7



(续)

零件名称	选 用 材 料	热处理要求	其 它 技 术 要 求
模 冲	碳素工具钢: T8A, T10A 合金工具钢: GCr15, Cr12, Cr12Mo, 9CrSi, Cr-WMn, CrW5	36~60HRC	1. 平磨后退磁 2. 粗糙度要求 端面: R_a 0.8~0.4 μ m 配合面: R_a 0.4~0.1 μ m 非配合面: R_a 3.2~0.8 μ m 3. 工作面及配合面公差等级: IT5~IT7

第7章 模具的制造与检测

1 模具制造

1.1 模具主要零部件的加工特点

1.1.1 模架

模架(含模座、模板)是保证模具正常、有效工作的重要部件,其功能是连接与承载。冲裁模具、塑料注射成型模具中所用模架都已制定了标准,因此这类模

架应按标准选用,由专业厂(点)组织标准化、专业化生产。

模架零件的加工与通用机械零件相同。

1.1.2 模具工作部分

模具工作部分或称模块,是模具型腔的承载体,其功能是赋予制件以一定的形状和尺寸。

模具类别不同,其工作条件差异很大,技术要求、加工特点也各不相同。表5-7-1是模具的工作条件及

表 5-7-1 模具的工作条件及主要技术要求

模具类型	型面受力 (MPa)	工作温度 (°C)	型面粗糙度 R_a (μ m)	尺寸精度 (mm)	硬度 HRC	寿 命 ($\times 10^4$ 次)
压铸模	300~500	600 (铝合金)	≤ 0.4	0.01	42~48	> 70
注塑模	70~150	180~200	≤ 0.4	0.01	35~40	> 200
冲 模	200~600	室 温	< 0.8	精密 0.005	58~62	·次刃磨 > 30
热锻模	300~800	700 (表面)	≤ 0.8	0.02	40~48	≥ 10 (机锻)
冷锻模	1000~2500	室 温	< 0.8	0.01	58~64	> 20
粉末冶金模	400~800	室 温	< 0.4	0.01	58~62	> 40

技术要求。

模具工作部分一般由动、定模及型芯等组成,许多模具的动、定模表现为凸、凹模。图5-7-1为动、定模形状的示意图,图a所示的动、定模为凹—凹模,如锻造模具等;图b所示为凸—凹模,如冲裁模等;图c所示为另一种凸—凹模,如压铸、注塑、拉深模等。

工作部分加工部位分为外型、定位面、分模面、固定孔和型面,其中最具模具加工特点的是型面。表5-7-2是凸模型面的加工特点,表5-7-3是凹模型面的加工特点。

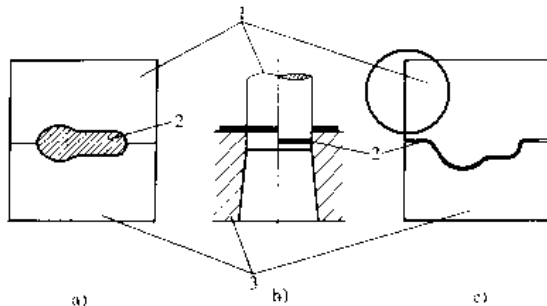


图 5-7-1 模具工作部分形状示意图

1—动模 2—制件坯料 3—定模



表 5-7-2 凸模型面的加工特点

凸模型式	简 图	加 工 特 点
直通式		<ol style="list-style-type: none"> 1. 断面形状复杂, 精度高 2. 硬度高, 热处理后精加工 3. 需加工出锋利刃口, 包括带前角刃口 4. 可沿轴向加工, 也可沿断面轮廓的切向加工
台阶式		<ol style="list-style-type: none"> 1. 工作刃带轮廓尺寸小于固定部分轮廓尺寸, 加工时必须考虑两者轴线平行 2. 硬度高, 精度高, 热处后进行精加工
曲面式 (三维)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 型面为三维曲面, 几何形状精度的保证需与测量手段相结合 2. 定立面要合理选择和精细加工, 以保证与凹模的配合及制件厚度的均匀 3. 需抛光, 并达到低的表面粗糙度

表 5-7-3 凹模型面加工特点

凹模型式	简 图	加 工 特 点
贯通式		<ol style="list-style-type: none"> 1. 形状复杂, 精度高, 与凸模形状高度的一致性, 有时需根据凸模配作 2. 高硬度下的精加工 (55HRC 以上) 3. 应保证良好的成形性能刃口处要加工出后角
非贯通式 (三维)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 工作面形状复杂, 曲面和过渡面多 2. 与凸模形状致性, 有时需配作 3. 低的表面粗糙度, 高的硬度

1-1-3 模具标准件

模具标准件是指顶杆、垫板、弹簧等, 多数已有标

准, 模具制造中应按标准选用和加工, 其加工特点与一般机械零件相同。

1-2 模具制造加工设备和加工工艺

1-2-1 模具制造用设备

模具按其不同类型和使用目的, 对材料、尺寸精度和热处理后性能等条件提出不同要求。加工时应充分考虑其特点, 采用最合理的方法, 其中优良的加工设备, 是制造精密模具所不可缺少的。

模具制造过程大致为: 备料、外形加工, 工作部位加工、热处理、修整和装配, 各过程所用的主要设备见表 5-7-4。

表 5-7-4 模具制造过程及主要加工设备

备料	外形加工	工作部位加工	热处理	修整和装配
锻造设备 切削设备	通用机械加工设备	仿形加工设备 数控加工设备 加工中心 电加工设备 精密加工设备 特种成型设备	各种热处理设备	各种机动、气动、电动等抛磨工具、装配工具及检测仪器



1.2.2 模具制造工艺

模具制造工艺分为两类，一类是保证模具内在质量的加工工艺，即毛坯的制备和零件的热处理(包括表面强化处理)；二是模具零部件的几何尺寸的加工工艺。

1. 毛坯的制备及热处理 模具零件的原材料质量，对模具的加工和使用有着很大影响。各类模具用材参见工程材料卷第4篇第15章。

通过铸造进行制备毛坯的模具零件大致分两类：

(1) 底板、模座、框架零件如锻造用的切边模座、校正模座、机械压力机模座、冷冲模底板等。

(2) 大型拉伸模 如汽车复盖件模具等。

模具毛坯的锻造成形是模具工作部分制坯的重要手段，其目的是保证尺寸，节材省时，组织细致及纤维流线分布合理，从而达到改善热处理性能，提高模具寿命的目的。表5-7-5和表5-7-6是常用模具锻造工艺和退火工艺。

2. 模具型面加工工艺 型面加工是模具制造的关键，它决定着制件的精度、工艺性能和模具寿命。技术难度表现在：异型零件几何形状加工及精度控制，凸凹模型面的高度一致性，凸凹模间隙均匀性。型面加工工艺见表5-7-7。

表 5-7-5 常用模具钢锻造工艺

钢 号	锻造温度(℃)		锻造方法	锻后冷却方式	
	始 锻	终 锻			
T7~T12, T7A~T12A	1000/1050	800/850	一般采用单件自由锻造，如需改变流线，则与高铬钢、高速钢相同	空冷、堆冷 700℃以上空冷， 700℃以下堆冷	
GCr15, CrWMn	1050/1100	800/850			
9CrSi, CrMn	1050/1100	800/850			
5CrNiMo	1050/1100	850/900		}	缓冷或保温炉内冷却
5CrMnMo					
4C-2W2Si	1050/1100	850/900		}	堆冷或在保温炉内控制冷却
6CrW2Si					
3Cr2W8V	1100/1150	850/900		}	堆冷或在保温炉内控制冷却
7Cr3, 8Cr3	1050/1100	850/900			
Cr12	1050/1080	850/920		纵向拔长，锻粗法	灰冷、砂坑冷却或保温炉中控制冷却
Cr12MoV	1050/1100	850/900	横向拔长，锻粗法		
W6Mo5Cr4V2	1050/1100	920/950	纵、横向综合拔长，锻粗法		
W18Cr4V	1100/1150	880/930			
钢结硬质合金 GT-35	1180/1220	850/900	与高铬钢、高速钢相同，有严重缺陷时需用特殊锻造法	在绝热材料中冷却或炉中控制冷却	

表 5-7-6 模具毛坯锻后退火工艺

锻件类别	适用的钢种范围	退 火 工 艺
第一类锻件	Cr12, Cr12MoV, W18Cr4V, W9Cr4V2, W6Mo5Cr4V2, W14Cr4V2, W6Mo5Cr4V2Al, 3Cr2W8V 等	
第二类锻件	Cr, GCr15, CrWMn, 9CrWMn, 7Cr3, 8Cr3, 5CrNiMo, 5CrMnMo, 4CrW2Si, 5CrW2Si, 6CrW2Si 等	



(续)

锻件类别	适用的钢种范围	退火工艺
第三类锻件	T7, T8, T10, T7A, T8A, T10A, 9Mn2V 等	
钢结硬质合金	GT-35	
	TLMW50	

表 5-7-7 型面加工工艺

模具	零件特点	加 工 工 艺 流 程
凸 模	直通式冲头	1. 简单断面：粗加工→热处理→磨削 2. 复杂断面：粗加工→热处理→磨平面→线切割 3. 精度较低时：粗加工→精加工→真空热处理（或保护气氛热处理）
	台阶式冲头	1. 精度要求高：粗加工→热处理→磨削 2. 精度较低时：粗加工→精加工→真空热处理
	三维凸模	1. 大型零件：粗加工→热处理→精加工→修磨→抛光 2. 小型精密零件：粗加工→热处理→电加工（或磨削）→抛光
凹 模	贯通式凹模	1. 粗加工→热处理→磨端面→线切割型腔 2. 粗加工→精加工型腔→热处理→磨刃口
	三维曲面凹模 (非贯通式)	1. 粗加工→热处理→电火花加工型腔→抛光 2. 大型零件：粗加工→热处理→精加工→修磨→抛光



3. 典型模具型面加工工艺

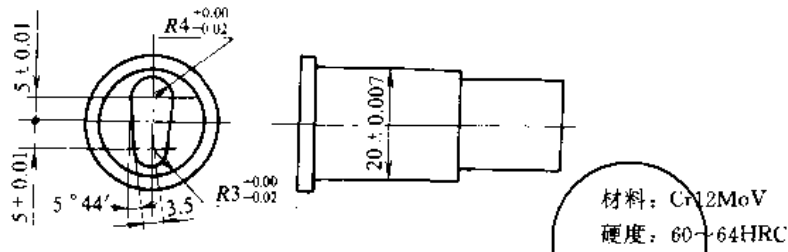
a. 台阶式冲头加工工艺 (表 5·7-8)

b. 零间隙凸凹模的加工工艺 许多精密冲裁模不仅尺寸精度高,而且凸凹模之间的间隙很小,近乎为零,如冲裁 0.1mm 厚铜片的凸凹模单面间隙为 0.002mm,因此凸凹模的加工不仅应保证单个零件的

尺寸精度,而且必须保证凸凹模工作刃带形状高度一致,表 5·7-9为零间隙凸凹模加工工艺。

c. 热锻模加工工艺 一般上、下模均为凹模,模腔复杂,自由曲面,过渡面多,加工难度大,而且其工作条件恶劣,对材料和毛坯锻造要求较高,表 5·7-10 是内燃机连杆锻模的制造工艺要点。

表 5·7-8 带台阶冲头加工工艺



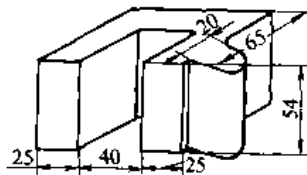
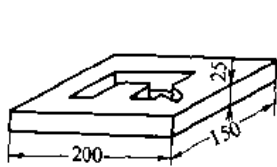
工序	工作内容	操作简图	说明
1	备料		碳化物级别应符合要求
2	粗加工(车、铣)		车出 $\phi 20\text{mm}$ 及 $\phi 17\text{mm}$ 外径,划线后铣出工作带,留余量 0.1mm
3	热处理		1020℃ 淬火, 200℃ 回火
4	1) 磨 $\phi 20^{+0.007}\text{mm}$		
	2) 工件定位装卡		以 $\phi 20^{+0.007}\text{mm}$ 外圆定位,并调整与夹具中心重合 $S_1 = S_0 + 10\text{mm}$
	3) 分别磨削二个斜面		1. $H_1 = S_0 - (75\sin 5^\circ 44' + 10) = S_0 - 17.493\text{mm}$ 2. 用砂轮圆周进行磨削(砂轮主轴与夹具主轴平行) 3. $S_2 = S_0 + 3.5(\text{mm})$
	4) 调整工件位置		移下滑座使 R4mm 凸圆弧中心与夹具中心重合 $S_3 = S_0 + 5(\text{mm})$
	5) 磨 R4 凸圆弧		1. 主轴左右摆动精磨 R4mm 凸圆弧 $\theta_1 = 90^\circ + 5^\circ 44' = 95^\circ 44'$ 2. $S_4 = S_0 + 4(\text{mm})$



(续)

工序	工作内容	操作简图	说明
4	6) 调整二件位置		上升滑座使 R3 凸圆弧中心与夹具中心重合 $S_5 = S_0 + 15$ (mm)
	7) 磨 R3 凸圆弧		1. 主轴左右摆动精磨 R3mm 凸圆弧 $\theta_2 = 90^\circ - 5^\circ 44' = 84^\circ 6'$ 2. $S_6 = S_0 + 3$ (mm)

表 5-7-9 精密冲模凸凹模加工工艺



单面间隙: 0.005mm
材料: Cr12MoV
凸模硬度: 59~61HRC
凹模硬度: 60~63HRC

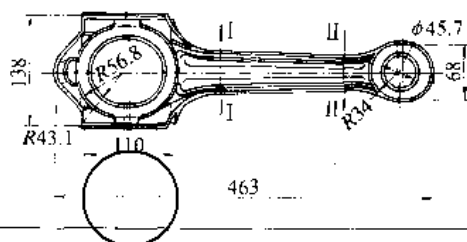
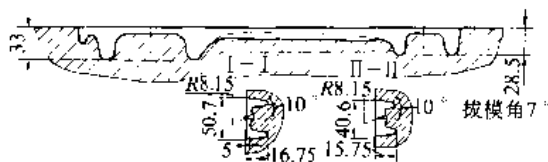
工序	工作内容	简图	说明
1	制坯		下料→反复墩粗、拔长改锻(碳化物级别<1.5级)→等温退火
2	粗加工		铣→去应力退火→半精加工
3	热处理		盐浴加热或真空加热淬火, 低温回火、为使尺寸稳定, 可采用低温处理
4	磨端面		



(续)

工序	工作内容	简图	说明
5	线切割		凹模采用二次切割以减少应力释放产生的变形,在凹模加工程序的基础上利用刀具偏置方法自动给出凸模加工程序,以保证凸凹模一致,且间隙均匀
6	时效和研磨装配	<p>线切割后时效工艺</p>	消除电加后内应力和变质层对精度和模具寿命影响

表 5·7-10 连杆锻模制造工艺



材料: 4Cr5MoV1Si
硬度: 44~48HRC

序号	加工工艺	说明
1	模块制备	1. 材料选用精炼或电渣重熔钢, 夹杂物少, 韧性高 2. 纤维方向应在型腔平面上, 不能垂直于型腔平面 3. 探伤合格
2	粗加工	1. 定位面留磨削余量 2. 固定孔、顶杆孔完成 3. 型腔粗加工 4. 飞边槽完成
3	热处理	1. 真空加热淬火 (1040℃) 2. 真空回火 (580~600℃)
4	磨削上下平面、定位面	
5	电极制作	1. 为保证模具寿命, 模腔尺寸按锻件的负公差加工 2. 考虑放电间隙及电极损耗由 CAD 系统编制电极加工程序 3. 由数控铣床 (或加工中心) 加工电极
6	电火花加工型腔	为保证尺寸精度可采用粗加工、精加工两副电极
7	抛光	采用化学、超声波、钳工抛光方法, 粗糙度低于 0.8μm
8	表面强化	激光相变强化, 表面硬度 60HRC



d. 凸凹模三维曲面的加工工艺 拉伸模、压铸模、注塑模等模具型面加工最基本的要求就是要凸凹模形状的吻合,并保持间隙均匀。图5·7-2是某汽车前围外盖板拉伸模。

凸模见图5·7-3。技术要求见表5·7-11,工艺过程见表5·7-12。

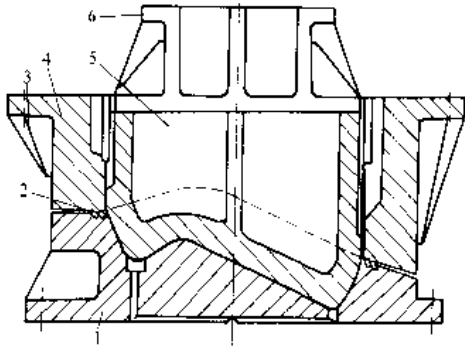


图5·7-2 汽车前围外盖板拉伸模
1—凸模固定座 2—凸模 3—导板 4—压边圈
5—凹模 6—顶件器

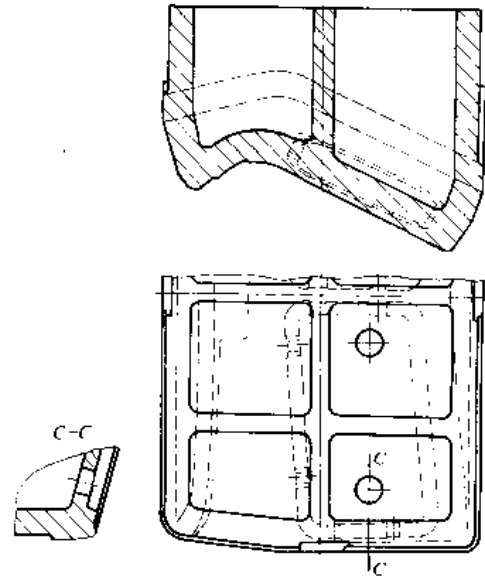


图5·7-3 凸模

表5·7-11 制造凸模的主要技术要求

序号	项 目	要 求
1	型面质量	1. 与样架的研合均匀,接触面积 $\geq 80\%$ 2. 装饰棱线清晰、美观 3. 表面无波纹,粗糙度 $R_a 0.8\mu m$
2	外轮廓精度	按主模的轮廓线,允许每边加大1~3mm
3	基面和导板 安 装 面	凸模的基面(安装面)应与冲压方向垂直 导板的安装面应与冲压方向平行
4	热 处 理	在凸出的筋棱棱角处火焰淬火,硬度56~60HRC

表5·7-12 凸模的工艺过程

序号	工 序	工 艺 说 明
1	划线和钻起重孔	检查铸件加工裕量,划上平面线(考虑加工裕量),划、钻起重孔
2	刨基准面	按线精刨基准面(即安装面)
3	划 线	以安装面为基准,参照工艺主模型,划出中心线
4	仿型铣型面	按工艺主模型(拆去压料面)仿形加工型面,留研修余量。精铣时,采用小直径圆头锥度铣刀和小进刀量加工,以减少研修余量和得到清晰的外轮廓线
5	划 线	按仿形铣加工的刀痕,并参照工艺主模型,划出凸模的外轮廓线
6	插外轮廓	按线插外轮廓
7	划 线	划导板安装窝应的线



(续)

序号	工 序	工 艺 说 明
8	铣导板离座	用龙门铣床加工离座到尺寸。保证离座底面与凸模安装面垂直
9	研修型面	先用风动砂轮机磨去仿形铣刀痕,然后在研配压力机上按样架研修型面。要求凸模型面与样架吻合、接触均匀,接触面积 $\geq 80\%$
10	精修棱线	精修凸模型面上的装饰棱线,达到清晰、平直、光滑
11	抛 光	先用粗砂轮块手工推磨型面,消除风动砂轮机加工留下的凹坑和波纹,使整个型面匀称光滑;然后用砂布或毡轮抛光
12	热 处 理	在凸出的筋和棱角处进行火焰淬火
13	装 配	装导板和凸模固定板等

凹模结构见图 5-7-4。制造凹模的主要技术要求见表 5-7-13。制造工艺过程见表 5-7-14。

表 5-7-13 制造凹模的主要技术要求

序号	项 目	要 求
1	凹 模 型 腔	形状与凸模吻合,并保持均匀的料厚间隙;粗糙度 $< R_a 0.8\mu\text{m}$;凹模圆角和凸出部分表面火焰淬火
2	压 料 面	形状应与压边圈吻合,并保持均匀的料厚间隙;粗糙度 $R_a 0.8\mu\text{m}$;表面火焰淬火
3	导板安装槽	与凹模底面垂直
4	安 装 槽	与凸模固定板和压料圈上的安装槽应同心,其位置准确度为 $\pm 1\text{mm}$

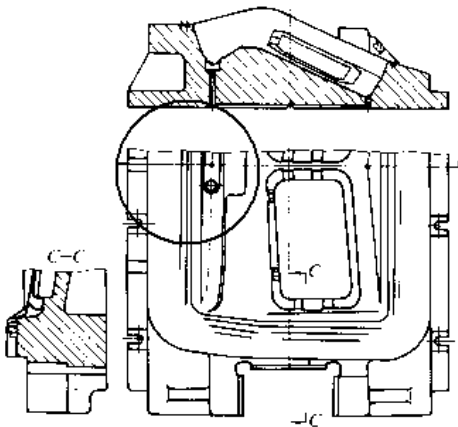


图 5-7-4 凹模

表 5-7-14 凹模的制造工艺过程

序号	工 序	工 艺 说 明
1	划线,钻起重孔	检查铸件质量,考虑型面及压料面的加工余量,划出基准面(底平面)线和起重孔线,钻起重孔
2	刨 基 面	按线精刨凹模底面,并刨两侧面及压板台
3	划 线	划中心线、导板槽线及安装槽线
4	铣导板槽及安装槽	按线铣导板槽、导板凸台上平面及安装槽到尺寸
5	铣 型 面	在仿形铣床上按样架铣凹模型腔及压料面,考虑料厚(间隙)1.0mm,留研修余量
6	研修型腔及压料面	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用风动砂轮机磨去仿形铣刀痕 2. 在研配压力机上按凸模研修凹模型腔,先达到全面均匀接触,然后在凹模口和斜度较大($>45^\circ$)的部位垫几块小块的试冲板料试压,根据试冲料上压的印痕,修正凹模的间隙 3. 在研配压力机上按压料圈(已装压料筋)研修凹模压料面(包括压料筋槽),达到全面均匀接触。研修时,应注意压料筋槽口的圆角半径应尽量小些,使调整时有修磨量



1.3 模具装配与调整

1.3.1 冷冲模装配

1. 模具零件的固定方法

(1) 紧固件法。

(2) 压入法。该方法是固定冷冲模、压铸模等主要零件的常用方法,优点是牢固可靠,缺点是压入型孔精度要求高。表5-7-15是压入法采用的过盈量。

(3) 焊接法。该方法一般只适于硬质合金模具。

(4) 热套法。此法用于固定凹、凸模拼块及硬质合金模具,其工艺概要见表5-7-16。

表 5-7-15 模具零件压入法固定的配合

类别	零件名称	示意图	过盈量	配合要求
冲模	凸模与固定板		-	1. 采用 $\frac{H7}{n6}$ 或 $\frac{H7}{m6}$ 2. 粗糙度 $R_a < 1.6\mu m$
冷挤压模	两层组合凹模(凹模与套圈)钢或硬质合金凹模与钢套圈		$\Delta = (0.008 \sim 0.009) d_2$	1. 单边斜度 $\theta = 1^\circ 30'$ 2. $c_1 = \frac{\Delta}{2} \cot \theta$ 3. 热挤压模 $\theta = 10^\circ$
冷挤压模	三层组合凹模(凹模与套圈)钢或硬质合金凹模与钢套圈		1. 凹模与中圈 $\Delta_1 = (0.008 \sim 0.009) d_2$ 2. 中圈与外圈 $\Delta_2 = (0.004 \sim 0.005) d_3$	1. 单边斜度 $\theta = 1^\circ 30'$ 2. 压合次序为先外后内 3. 压出次序为先内后外 4. $c_1 = \frac{\Delta_1}{2} \cot \theta$ $c_2 = \frac{\Delta_2}{2} \cot \theta$
冷挤压模	-		$(0.004 \sim 0.005) d_2$	1. 单边斜度 $\theta = 30'$ 2. 压入量 $c = \frac{\Delta}{2} \cot \theta$ (图中未表示)

表 5-7-16 热套工艺法概要

冲模结构	拼块结构冲模	硬质合金冲模	钢球冷镦模
示意图			
	1—拼块 2—套圈 3—定位圈	1—硬质合金凹模 2—套圈	1—硬质合金凹模 2—套圈 3—支承座



(续)

冲模结构		拼块结构冲模	硬质合金冲模	钢球冷嵌模
过盈		$(0.001 \sim 0.002) D$	$(0.001 \sim 0.002) A$ $(0.001 \sim 0.002) B$	$(0.005 \sim 0.007) D$
加热温度	套圈	300~400℃	400~450℃	800~850℃
	模块	—	200~250℃	200~250℃
说明		—	在热套冷却后,再进行型孔加工(如线切割等)	在零件加工完毕后热套
稳定处理		—	—	150~160℃保温 12~16h

- 注: 1. 上列过盈值为经验公式。
 2. 加热温度视过盈量及材料热膨胀系数而定; 加热保温时间约 1h。
 3. 模块要求有预应力的, 对套圈的强度要求高 (例如钢球冷嵌模套圈要求用 GCr15 钢锻造退火及加工后淬硬到 45~50HRC, 接触面、垂直度、平行度要求也高)。

(5) 粘接法。利用有机或无机粘接剂固定零件。

2. 冲模间隙控制 冲模的间隙主要靠零件制造精度和装配精度保证。间隙的调整方法有垫片法, 即凸模先初步固定在上模座上, 凹模刃口周围放置适当垫片 (一般为金属片), 间隙调好后, 固定凸凹模, 也可采用涂覆薄膜材料的方法调整间隙。

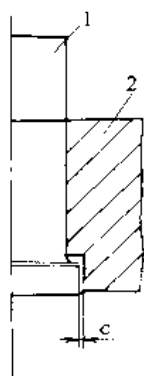
3. 冷冲模装配要点

- (1) 装配时首先选择基准件, 如凸、凹模, 导向板, 固定板。
- (2) 装配次序是按基准件安装有关零件。
- (3) 调整凸凹模间隙。
- (4) 试冲。

1.3.2 注塑模 (或压铸模) 装配要点

注塑模装配主要步骤见表 5-7-17。

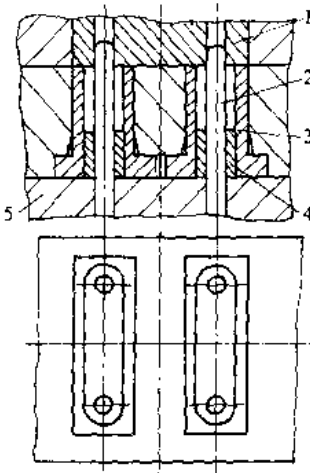
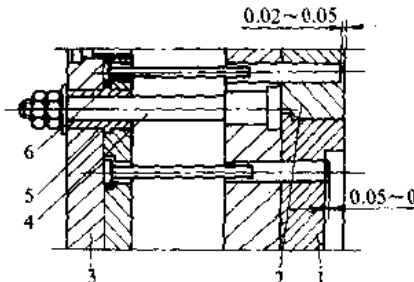
表 5-7-17 注塑模装配步骤

装配过程	装 配 要 点	示 意 图
型芯与固定板装配	型芯与固定板孔一般采用过盈配合	 <p>1—型芯 2—固定板</p>

模具公司制作 请尊重作者版权



(续)

装配过程	装配要点	示意图
型腔凹模与动定模板的装配	凹模与动、定模板镶合后,型面上要求紧密无缝,因此凹模压入端不允许修出斜度而将导入斜度设在模板上	 <p>1—定模镶块 2—小型芯 3—型腔凹模 4—推杆 5—小型芯固定板</p>
导柱、导套的装配	导柱、导套压入动、定模板以后,启模合模时导柱、导套间应滑动灵活	
推杆装配	在模具操作过程中,推杆应保持灵活,避免磨损	 <p>1—型腔镶件 2—动模板 3—推杆 4—导套 5—导柱 6—复位杆</p>
卸料板装配	为提高寿命,卸料板型孔可镶入淬硬镶块	
滑块抽芯机构装配	型芯与孔配合正确,而且滑动灵活	

2 模具 CAD/CAM 技术

2.1 模具 CAD 技术

模具的计算机辅助设计,即模具 CAD,是应用计算机系统协助人们进行模具设计,工艺分析和绘制图纸的技术。

模具 CAD 技术包括硬件系统和软件系统。

2.1.1 模具 CAD 的硬件系统

模具 CAD 使用的硬件是计算机(包括工作站、微

机)、输入设备(数字化仪等),输出设备(打印机绘图机等)。

2.1.2 模具 CAD 软件系统

1. 几何造型功能 设计者输入必要参数,利用软件功能建立起几何模型,以此作为型腔生成,制件重量控制,NC(CNC)加工指令输出的依据。

2. 模具设计 其功能有产品分析、强度分析、冷却分析,工艺参数优化等,并可根据产品成形特点、开模方式等因素,通过交互式方法选择所需模架和标准件。



3. **绘图功能** 主要指三维模型向二维模型的转换,二维工程图绘制。

4. **各种数据库** 有工艺参数库、模具材料数据库、产品材料性能数据库、模具标准件数据库等。

5. **用户界面**

2.2 模具 CAM 技术

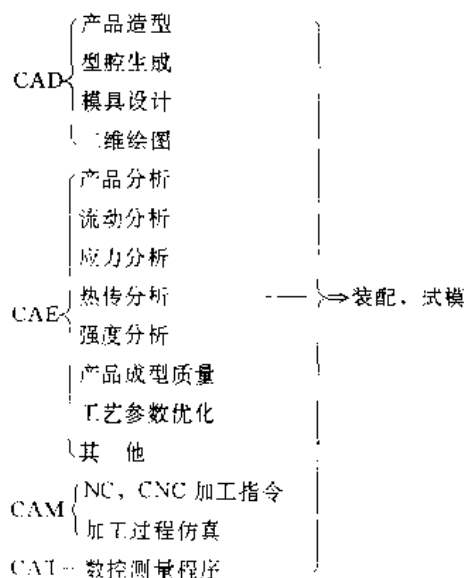
模具的计算机辅助制造,即模具 CAM,是指应用计算机和数字技术生成与模具制造有关的数据,控制其制造过程。目前的模具 CAM 技术主要用于模具零件的数控加工和数控测量方面。

模具 CAM 的硬件主要是计算机及输出设备和各种 NC, CNC 加工设备。

模具 CAM 软件功能应具备:(1)基本功能(2)铣削编程功能(三轴以上多曲面无干涉)(3)车削编程功能(4)孔加工编程(5)线切割编程(6)电火花(通用电极)加工编程(7)刀具偏置(8)后置处理功能。

2.3 模具 CAD/CAM 一体化技术

模具 CAD/CAM 技术是将两者技术结合在一起,解决模具的设计和加工。模具 CAD/CAM 系统的功能结构如下:



3 模具质量检测

3.1 模具零件加工精度检测

模具零件精度是保证模具精度的关键,为了保证模具装配精度,模具零部件的所有图纸标注尺寸都必须有专职检查人员认真检验,或者由装配钳工逐一进

行检查和验收。

模具零部件加工精度的检测应使用和图纸标注尺寸公差相应精度级别的检测工具和仪器,如卡尺、外径千分尺、内径千分尺、角度尺、深度尺、投影仪以及各种专用测量工具。粗糙度的检测应按标准进行。复杂型腔模具的自由曲面,过渡面等位置的测量应采用三坐标测量机。

模具标准件如模架等,应按标准验收。

3.2 模具零件内在质量检测

模具内在质量检测主要在选材、毛坯制备和模具零件热处理过程中进行。

1. **模具材料** 检验人员应在模具零件进入粗加工之前对材料进行检验和核对,防止使用不合格材料或在下料过程产生的混料现象发生。

2. **模具毛坯质量** 毛坯内在质量检验有以下几项:炼钢炉号及化学成分,纤维方向,宏观缺陷,内部缺陷,退火硬度。

毛坯质量指标应由毛坯制造单位提供,模具制造单位复核。对一些重要模具,如锻模、压铸模等模块,应在粗加工后再次探伤,避免缺陷超标的零件进入热处理和精加工工序。

3. **模具热处理质量** 模具零件热处理质量的主要检验项目是:强度(或硬度)及其均匀性,工作表面的脱碳和氧化情况,零件内部组织状态及热处理缺陷(微裂纹、变形),表面处理层的组织和深度。

4. **其他性能** 对一些高精密模具的主要零件或部件由热加工(热处理、焊接)或镶拼引起的内应力应加以测定和限制,防止对精加工(线切割、磨削)带来困难,以及由此引起的模具尺寸稳定性下降。

3.3 试模

模具生产的最终目的是能用其制造出尽可能多的合格产品来。由于模具设计和制造中的不确定因素的存在,模具的综合质量和性能不能单纯由零件精度所决定,而必须通过在实际应用条件下的试模才能判断。

试模往往与修模相结合,为了减少应用现场修模的不便,可采用与实际应用条件相近的模拟试模方法,如锻模中的压铅法,冲模中的冲纸法,压铸模中的合模机法等。

最终模具能否满足工艺要求,压制出合格产品,仍需在实用条件下的试模,而模具寿命的考核,则需要实用条件下使用到模具失效。



试模开始,压机应降低开合频率,必要时先手动盘车和空载试车,防止设备和模具的损坏。

第8章 模具的失效分析及提高模具寿命的措施

1 模具的失效分析

模具失效是指模具工作部分发生严重破损,不能用一般修复方法(刃磨、抛磨)使其重新服役的现象。

模具的失效分偶然失效(因设计错误、使用不当过早引起模具破损)和工作失效(因正常破损而结束寿命)两类。

模具寿命(N)指模具自正常服役至工作失效其间内所能完成制件加工的次数。若模具在使用中需刃磨

或翻修,则模具总寿命:

$$N = \sum n_i$$

其中 n_i ——模具在每次刃磨或翻修间隔内完成制件加工的次数。

1.1 模具失效分析的思路和方法

对于模具失效原因的分析,一般是将模具制造的全过程和模具的服役条件作为一个整体来考虑。其中主要影响模具服役寿命的因素如图 5·8-1。

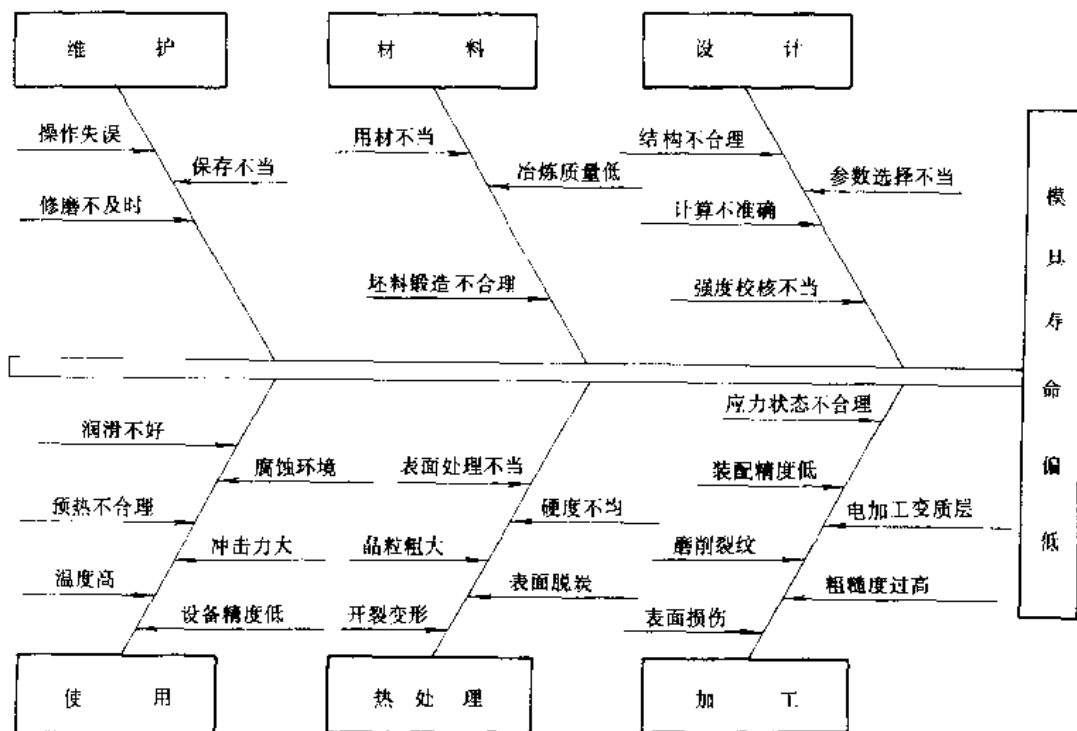


图 5·8-1 影响模具寿命的因素

某一类模具或某一具体模具的失效往往是这些可能因素中的一种或几种造成的,因此在失效原因分析中可采取逐个因素排除的方法,但首先应是根据宏观失效类型结合微观失效机理进行模具失效原因的确定。

1.2 模具失效的主要方式

1. 冷作模具 冷作模具失效的主要方式见表 5·8-1。
2. 热作模具 热作模具主要失效方式见表 5·8-2。



表 5-8-1 冷作模具主要失效方式

失效方式	简 图	失 效 原 因
断		<p>脆断的特征是断口平齐、颜色一致,多因冶金缺陷、加工缺陷或过载造成。疲劳断裂主要由应力循环造成</p>
裂		
变 形		强度不够
磨 损		制件材料与模具工作面间的摩擦造成刃口变钝、棱角变圆、模腔表面损伤
咬 合		制件材料在力的作用下与模腔表面的冷焊现象造成

表 5-8-2 热作模具失效方式

失效方式	失 效 原 因	失效方式	失 效 原 因
工作部位 变形	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用材不当或热处理工艺不合理造成的模具工作部位强度偏低 2. 模腔长期在受力及回火温度附近工作,导致强度下降 	热疲劳	<ol style="list-style-type: none"> 1. 冷-热循环热应力 2. 循环机械应力 3. 循环热-机械应力
热磨损	<ol style="list-style-type: none"> 1. 高温下模具表面与被加工材料间的摩擦、氧化磨损、粘着磨损 2. 模具表面的氧化 	断 裂	<ol style="list-style-type: none"> 1. 严重偏载造成的局部过载 2. 淬火裂纹或磨削裂纹等工艺缺陷 3. 循环应力造成的疲劳断裂



2 提高模具寿命的措施

模具的使用寿命与模具的服役条件、设计与制造过程、安装使用及维护有关,因此要提高模具寿命,需要采取能改善这些条件的相应措施。

2.1 优化结构设计

改进模具结构的最终目的都是为了能改善模具局部或整体的受力状况,提高模具的承载能力,避免出现局部裂纹、崩断、以至开裂和局部快速磨损造成的模具失效。

1. 模腔结构的改进 采用组合式结构比整体式结构更有利于避免局部开裂和整体开裂,这种改进在

冷镦、冷挤、热锻模一类受力大,冲击力高的模具中比较有效。表 5·8-3 是几种改进前后的模腔结构。

2. 模具工作零件结构局部改进 局部结构的改进,对提高模具寿命,往往会收到事半功倍的效果,因为模腔的局部结构和形状影响坯料流动阻力和成型力、应力集中和局部应力状态、温度分布等。

a. 模腔过渡圆角半径 R 模具型腔大多含有过渡圆角,合理的圆角半径 R 对模具寿命影响很大。图 5·8-2 是冷挤凹模内腔 R 与模具寿命的关系。热锻模的圆角半径也应认真选择,根据经验,内圆角半径 $r = (2 \sim 3.5) R$ (R 为外圆角半径) 较为合适。表 5·8-4 列出了按模腔深度和锻件重量确定的最佳圆角半径值。

b. 模具工作部位的角度 图 5·8-3 是反挤压凸模

表 5·8-3 几种整体结构改进的模具

模具类型	改进前结构	改进后结构	效 果
螺栓冷镦凹模			σ_{max}/τ_{max} 由改进前的正值变为改进后的负值,模具材料为 Cr12MoV 时,寿命可达 10 万件
螺母冷镦凹模			避免了尖角处的应力集中,降低了模具受力时的应力梯度,寿命显著提高
塔形锻造凹模			降低模腔表面拉应力,避免应力集中导致的早期断裂

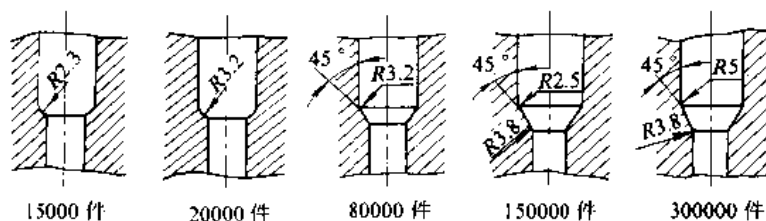


图 5·8·2 冷挤凹模内腔 R 与寿命的关系



表 5·8-4 锻模外圆角半径 R 合理值

(mm)

锻件质量 (kg)	模 腔 深 度				备 注
	≤10	10~25	25~30	>50	
	R				
≤1	1	1.5	2	3	应考虑加工余量
>1~6	1.5	2	2.5	3.5	
>6~16	2	2.5	3	4	
>16~40	2.5	3	4	5	
>40~100	3	4	5	7	
≥100	4	5	6	8	

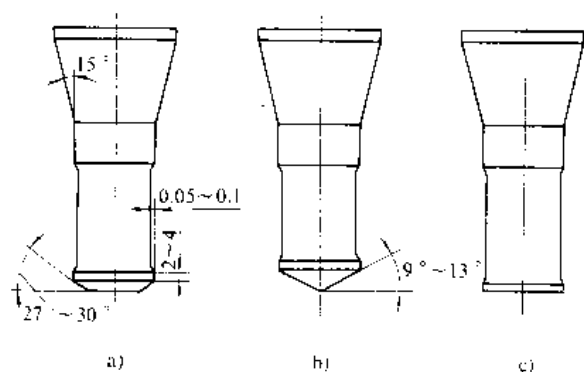


图 5·8-3 反挤压凸模的不同结构

的几种结构形式,采用图 a、b 结构时比采用图 c 结构的单位挤压力下降 20%,模具寿命显著提高,但其顶部斜角也不宜过大,否则易因偏载而导致模具弯曲折断。

锻模、压铸模、塑料模等型腔模具的拔模斜度对制件的脱模及模腔底部圆角处应力状态有直接影响,其中锻模更为明显。图 5·8-4 是模锻斜度及圆角半径对底部最大比较应力的影响。如某柴油机连杆锻模,当拔模斜度由 7° 改为 10° 后,模具寿命由 3000 件提高到 5000 件。当然,角度的最佳值应根据具体模具和具体

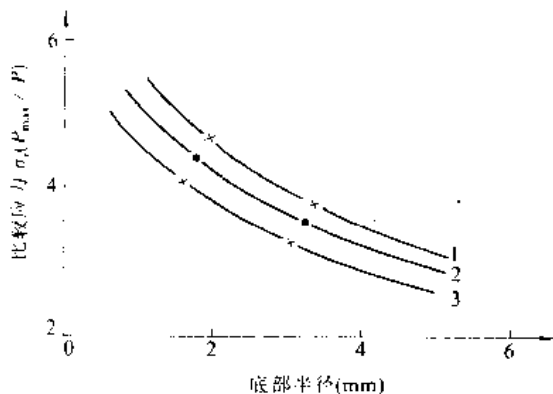


图 5·8-4 模锻斜度 β 及圆角半径对应力影响

1 $\beta=1^\circ$ 2 $\beta=3^\circ$ 3 $\beta=6^\circ$

部位进行分析和选择。

与模具寿命有关的结构因素是多种多样的,根据理论分析和应用实践,不断加以改进和优化,是提高模具寿命最经济的方法。

2·2 提高模具制造质量

1. 提高模具零件的加工精度 模具零件工作部位的几何形状,如圆角半径、出模斜度、刃口角度的加工应严格按设计要求进行,在刀具或设备不能实现时,应由人工修磨并严格测量,以保证模具合理的受力状态。有配合尺寸的部位,应保证其公差或进行配磨。

2. 降低模腔表面粗糙度 表面粗糙度的降低一方面可减少坯料的流动阻力,降低模腔的磨损率,另一方面可减小表面缺陷(刀痕、电加工熔斑等)产生裂纹的倾向。

3. 提高模具硬度的均匀性 在热处理过程控制方面应保证加热温度的均匀、冷却过程的一致,并应防止表面的氧化和脱碳。淬火后应及时、充分回火。

4. 提高模具装配精度 这些措施主要有:间隙量及其均匀性的调整,增加配合承载面及合模面的接触,保证凸模和凹模受力中心的一致性。

2·3 研制和应用新的模具材料

采用新的热处理工艺,挖掘现有材料的潜力,对提高模具寿命是有效的,不过也是有限的,特别是加工工艺的发展越来越趋向高温、高压、高速,模具的服役条件更加苛刻,因此要大幅度提高模具寿命,则必须研制和应用新的模具材料。

针对模具的工作条件和已有材料的不足,近年来,已研制了多种新的模具材料,其中以合金钢为主,表 5·8-5 是这些模具钢的特点、应用范围及使用效果。



表 5-8-5 新型模具钢应用情况

钢号(代号)	性能特点	应用范围	使用效果
3Cr3Mo3W2V (HM1)	高温强度、热稳定性及热疲劳性都较好	高速、高载、水冷条件下工作的模具	在高速锻造、热挤压、压铸模具上取得较好效果,寿命提高2~4倍
25Cr3Mo3VNb (HM3)	高温韧性及热疲劳性能良好	压力机锻模、锤锻模镶块等小型模块	比用3Cr2W8V钢制做的模具寿命提高1倍
5Cr4W5Mo2V (RM2)	抗回火稳定性、热稳定性好,强度高,已纳入国家标准	精锻模具	轴承环热锻模、齿轮精锻模具的寿命比用原钢种提高1倍以上
50Cr4Mo3SiMnVAI (012A1)	属基体钢,冲击韧性高,高温强度及热稳定性好	高温、大载荷下工作的模具,如高速锻造机模具	热挤压冲头比3Cr2W8V钢提高寿命3~5倍
6Cr4Mo3Ni2WV (CG2)	基体钢,高温强度和热稳定性好	小型热作模具	热挤压冲头寿命比3Cr2W8V钢提高2~3倍
4Cr3Mo3W4VTiNb (GR)	高热强性,高回火稳定性	热作模具	
6Cr4W3Mo2VNb (65Nb)	高的强韧性	冷、热作模具兼用钢	六角螺栓冷锻模寿命达24万次,圆环冷冲模比Cr12MoV钢提高1.5倍
6W8Cr4VTi (LM1) 6Cr5Mo3W2VSiTi (LM2)	高强韧性,冲击韧度和断裂韧度在抗压强度与W18Cr4V钢相同时,高于W18Cr4V钢	工作在高压、大冲击力下的冷作模具	冷挤压塞销模具比W18Cr4V提高寿命1倍。冷锻切边模比Cr12MoV钢提高寿命8倍
7Cr7Mo3V2Si (LD)	高强韧性	大载荷下的冷作模具	冷锻模的寿命可提高5倍
7CrSiMnMoV (CH-1)	韧性好,淬透性高,可用火焰淬火,热处理变形小	低强度冷作模具零件	中厚板冲模冲头寿命比T10A提高3~5倍
8Cr2MnWMoVS (8Cr2S)	预硬化钢,易切削	精密塑料模、陶瓷模等	陶瓷模、塑料模等模具寿命提高5倍以上
70Mn15Cr2Al3V2WMo	高强无磁钢,尺寸稳定性好,耐热、耐磨	磁性材料成型模,热成型模	在无磁模具上应用,效果明显

除了新的模具钢外,新研制的钢结硬质合金(1DT)、合金铸铁(如SMRI-86)、高温合金(如1ZM)等模具材料也取得了较好的应用效果。

2.4 采用新的热处理工艺

提高热处理质量,作到硬度合理、均匀、无氧化、脱炭,消除微裂纹,可避免模具的偶然失效。采用新的热处理工艺技术可进一步挖掘材料的潜力,从而提高模具的正常使用寿命。

1. 组织预处理 在模具热处理之前,针对不同钢种,对模具的组织进行均匀化处理,以便为模具的淬火做好组织上的准备。组织预处理工艺不同于常规(传

统)的球化退火工艺,而是要得到均匀的、细小的片状珠光体+碳化物,以便在淬火后得到细针状马氏体+碳化物+残留奥氏体的显微组织,其主要组织马氏体的亚结构为高密度的位错,抗压强度比正常球化退火提高1.5倍,断裂韧性提高30%。

2. 高温淬火+高温回火 高温淬火,可以使中碳低合金钢获得更多的板条马氏体,从而提高模具的强韧性;对高合金钢,可使更多的合金元素溶入奥氏体,提高淬火组织的抗回火能力和热稳定性,高温回火又可得回火索氏体组织,韧性提高,这对模具寿命提高有利。高温淬火+高温回火工艺在3Cr2W8V中应用得比较成功。



3. 低温淬火 对于高碳工具钢,低温淬火可获得更多的板条马氏体,提高模具的韧性,防止崩刃。同时低温淬火可减少模具的变形和淬火裂纹产生,对提高模具寿命是有利的。

4. 贝氏体等温淬火 贝氏体或者贝氏体+少量回火马氏体具有较高的强度、韧性综合性能,热处理变形较小,对要求高强度、高韧性、高塑性的冷冲模、冷挤模具,可获得较高寿命。

5. 真空热处理 真空热处理具有无氧化脱碳、加

热均匀、可去除气体、变形小等优点。采用真空热处理可改善模具热处理质量,是提高模具寿命有效的方法。

6. 表面强化 模具的失效许多都是发生在模具表面或是由表面开始的,如磨损、腐蚀、龟裂、表面开裂等过程都与模具的表面性能有关。模具材料的选用和强韧化处理更多地着眼于模具的整体性能,表面强化恰恰可作为整体热处理的补充。表 5-8-6 是已开发的适合模具表面强化的工艺方法。

表 5-8-6 模具表面强化方法

工艺类型	强化工艺方法		强化机理	特点、用途
机械	喷	丸	塑性变形和加工硬化	用于冷作模具
	挤	压		
热化学	渗金属元素	Cr	Cr 的碳化物	抗磨、耐蚀,用于冷、热作模具 抗磨、减磨,用于冷、热作模具 抗磨,用于冷、热作模具 防高温氧化,用于热作模具 增加模具表面硬度 提高表层强度 抗磨,用于冷、热作模具
		V	V 的碳化物	
		W	W 的碳化物	
		Al	固溶强化	
		Ti	Ti 的碳化物	
		Si	固溶强化	
		Nb	Nb 的碳化物	
	渗非金属元素	C	C 化物,相变强化	提高表面硬度,减小摩擦系数,减少磨损
		N	N 的化合物	
		B	B 的化合物	
		S	S 的化合物	
		N-C	N-C 化合物	
		N-B	N-B 化合物	
		S-N-C	(S, N, C) 化合物	
电化学	电镀		硬质层	增加模具表面硬度,减少磨损
	电刷镀		化合物沉积层	
激光(电子束)	相变强化合金化 熔化、凝固		相变化合物 相变、非晶	
离子束	离子注入 离子沉积 等离子喷涂		固溶、化合物 化合物 涂层	

2.5 合理使用和正确维护模具

模具寿命是在模具的使用过程中体现出来的,因此,延长模具寿命,必须合理使用和正确维护模具。

- (1) 正确安装和调整。
- (2) 正确的工艺操作。
- (3) 对热作模具,如热锻模、压铸模、热挤压模等模具给予合理预热是非常重要的。
- (4) 合理的冷却。

(5) 正确润滑。润滑是保证工艺性能和延长模具寿命的必要辅助手段,它包括正确选用润滑剂及制定润滑工艺。

(6) 模具在制造至使用之间,应解决包装与运输问题,防止模具的锈蚀和碰伤。

(7) 模具暂停使用、入库存放时,应作好标记,并采取防锈措施。

(8) 某些模具在使用中会产生残余内应力,应在使用一段后,采取去应力措施。



(9) 模具型腔出现划伤或模腔表面的粗糙度升高时,应及时进行打磨和抛光,以防止缺陷进一步扩大,加速模具的损坏。

参 考 文 献

- [1] (日) 廣惠章利、本吉正信著. 塑料成型加工技术. 李美云、张晋纯译. 北京: 中国计量出版社, 1989
- [2] 金型便覽編集委員會編. 金型便覽. 日刊工業新聞社, 昭和 47 年
- [3] 张鼎承主编. 冲模设计手册. 北京: 机械工业出版社, 1988
- [4] 武内征平編. 金型加工基準: プレス抜き型篇. 昭和 52 年
- [5] 模具工业. 桂林电器科学研究所模具工业编辑部编. 1985 (1) ~ 1993 (3). 桂林: 桂林电器科学研究所模具分所
- [6] 塑料模设计手册编写组编. 塑料模设计手册. 北京: 机械工业出版社, 1982
- [7] 日本金型工业会編. プレスチック射出成形用金型設計基準. 1977
- [8] 李德群, 肖景容编著. 塑料成型模具设计. 武昌: 华中理工大学出版社, 1990
- [9] 压铸模设计手册编写组编. 压铸模设计手册. 北京: 机械工业出版社, 1987
- [10] 北京无线电工设备厂编. 压铸技术基础. 北京: 国防工业出版社, 1978
- [11] 李钟锰编著. 型腔模设计. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1985
- [12] 锻工手册编写组编. 锻工手册. 北京: 机械工业出版社, 1974
- [13] 锻模设计手册编写组编著. 锻模设计手册. 北京: 机械工业出版社, 1991
- [14] 库特·朗格, 海因茨·梅迈尔—诺肯佩尔著. 模锻. 杜忠权译. 北京: 机械工业出版社, 1989
- [15] 张志文主编. 锻造工艺学. 北京: 机械工业出版社, 1985
- [16] 锻压技术手册编委会编. 锻压技术手册. 北京: 国防工业出版社, 1989
- [17] 粉末冶金模具设计手册编写组编. 粉末冶金模具设计手册. 北京: 机械工业出版社, 1978
- [18] (日) 高木六弥. 模具制造技术. 北京: 北京模具协会, 1984
- [19] 模具制造手册编写组编著. 模具制造手册. 北京: 机械工业出版社, 1982
- [20] 冯晓曾等. 模具用钢和热处理. 北京: 机械工业出版社, 1982
- [21] ASM: TOOL & DIE FAILURES SOURCE BOOK. U. S. AASM 编辑部, 1982
- [22] 王德文, 朱雅年. 模具实用技术 200 例. 北京: 冶金工业出版社, 1990

