



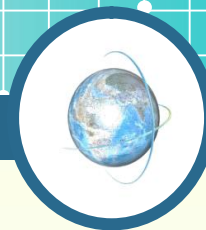
武汉理工大学
wuhan university of technology

金属工艺学

多媒体课件



第十章 常用的锻造方法



本章主要内容

1

10.1 自由锻

2

10.2 模锻

本章重点

- 1、初步掌握自由锻和模锻的基本工序、特点及应用；
- 2、能够根据自由锻和模锻设备、工具及工艺特点，合理地设计自由锻和模锻件结构；

概 述



锻造是使加热好的金属坯料，在外力的作用下发生塑性变形，通过控制金属的流动，使其成形为所需形状、尺寸和组织的方法。

根据变形时金属流动的特点不同，可分为**自由锻**和**模锻**两大类。



10.1 自由锻

只用简单的通用性工具，或在锻造设备的上、下砧间直接使坯料变形而获得所需的锻件，这种方法称为**自由锻**。

自由锻是大型件唯一的锻造方法。

10.1.1 锻造坯料准备

1. 锻造用坯料

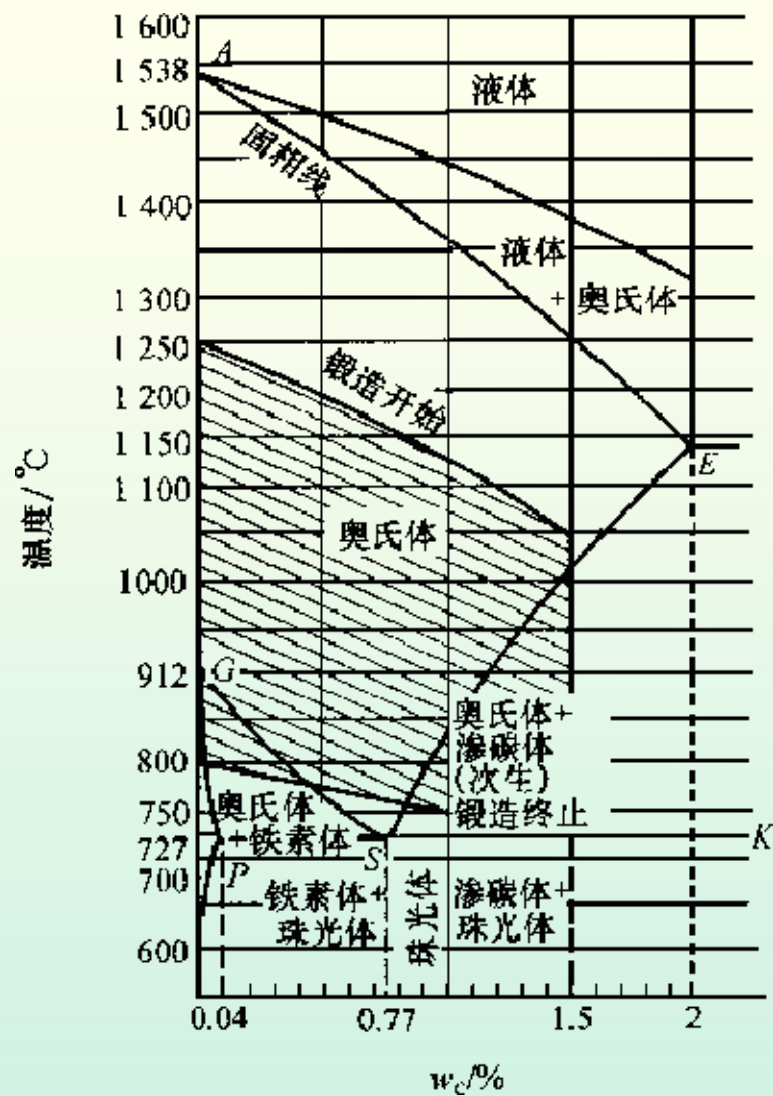
锻造中、小型锻件一般用圆形、方形等截面的型材，如方钢、圆钢、扁钢等。大型钢锻件多用钢锭或钢坯。

锻粗时，为避免锻弯，坯料的高径比（ H_0/D_0 ）不得超过2.5，为了下料方便，坯料高径比还应该大于1.25。

2. 坯料的加热

（1）加热目的——为了提高金属的塑性，降低变形抗力，以改善金属的锻造性能，使之易于流动成形并获得良好的锻后组织。

（2）锻造温度——金属坯料是在一定的温度范围内进行锻造的。



碳钢的锻造温度范围

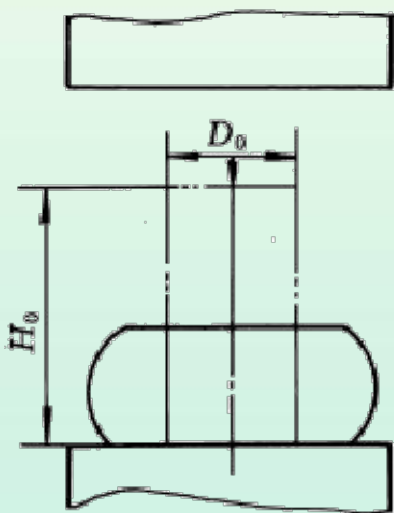
10.1.2 自由锻的基本工序

自由锻工序可分为基本工序、辅助工序和修整工序三大类。

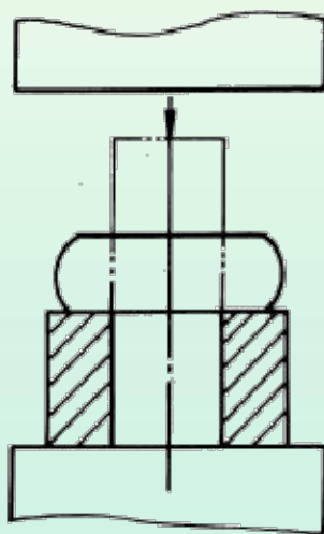
1. 基本工序——使金属坯料实现主要的变形要求，达到或基本达到锻件所需形状和尺寸的工序。

主要有镦粗、拔长、冲孔、弯曲、切割、错移和扭转。

(1) 镦粗——使坯料高度减小，横断面积增大的锻造工序。适用于饼块、盘套类锻件的生产。



(a) 整体镦粗

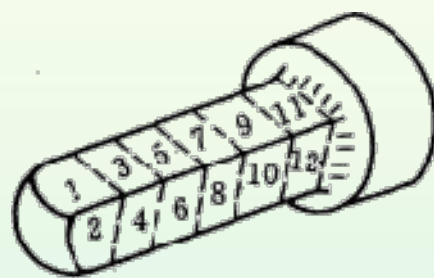


(b) 局部镦粗

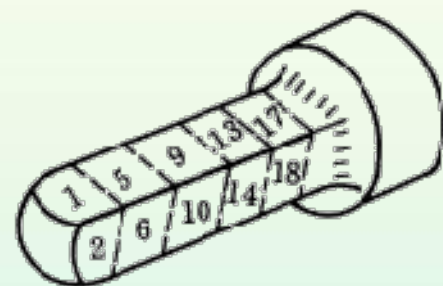


(2) 拔长——使坯料横断面积减小、长度增加的锻造工序。适用于轴类、杆类锻件的生产。

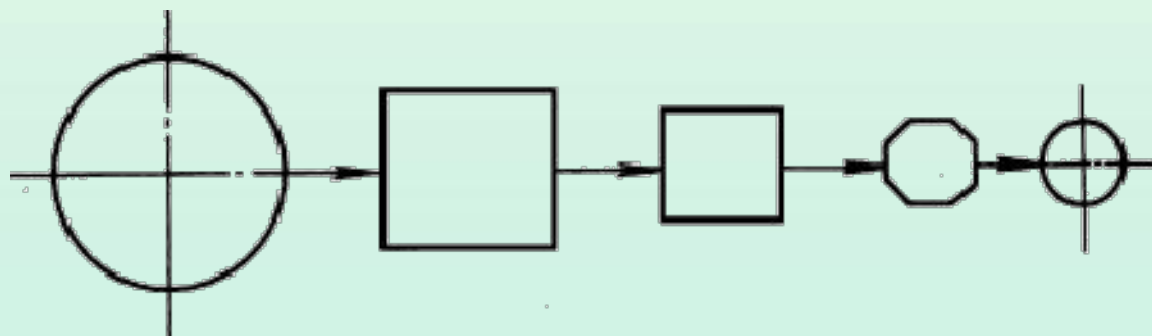
拔长过程中要将坯料不断地翻转，使其压下面都能均匀变形，并沿轴向送进。



(a) 反复翻转

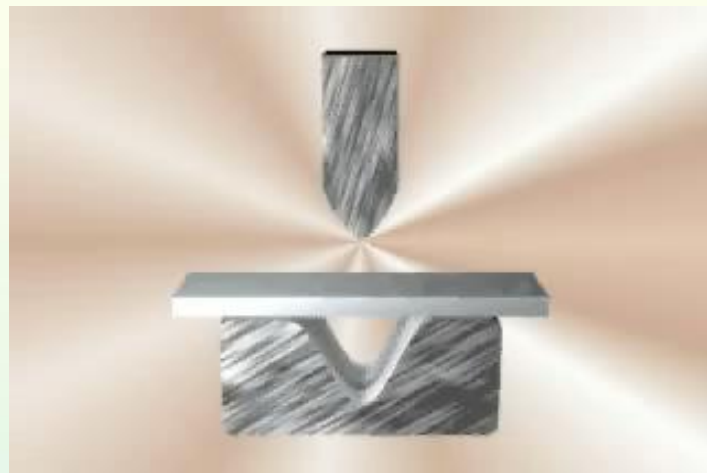


(b) 螺旋式翻转



拔长圆形坯料过程中的截面形状

(3) 冲孔——在坯料上冲出通孔或盲孔的锻造工序称为冲孔。适用于带孔的饼块类锻件及长筒类锻件的成形。



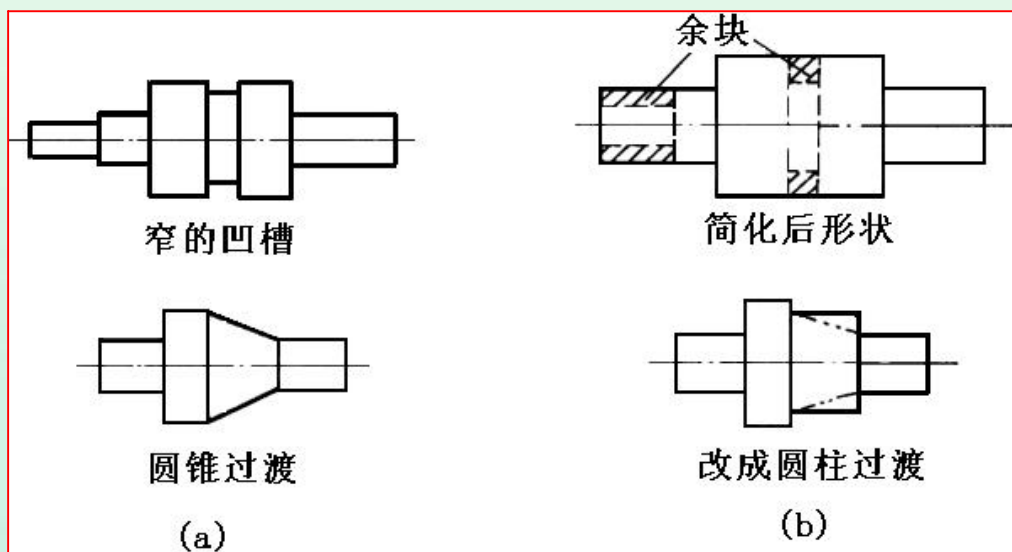
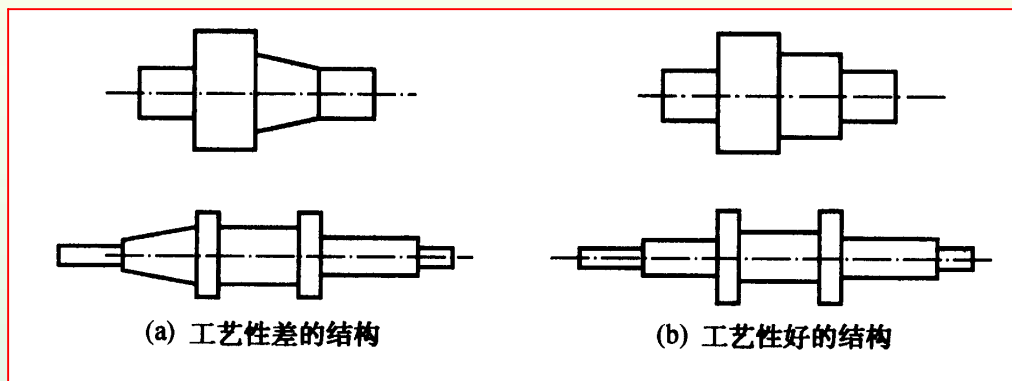
(4) 弯曲——考虑弯曲区断面积有所减小，因此可取断面比锻件稍大的坯料，先拔长不弯曲的部分到锻件所要求的断面积，然后弯曲成形。

自由锻的基本工序除上述外，还有用来下料、切割出锻件所需形状的切割工序及锻制多拐曲轴、麻花钻锻件的扭转工序等。

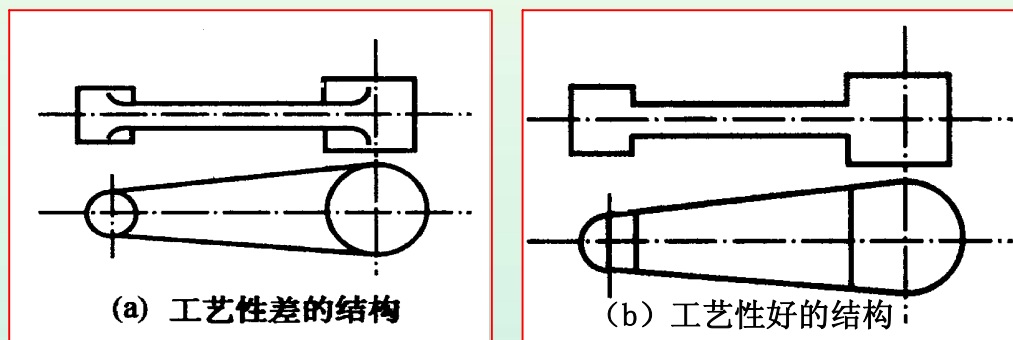
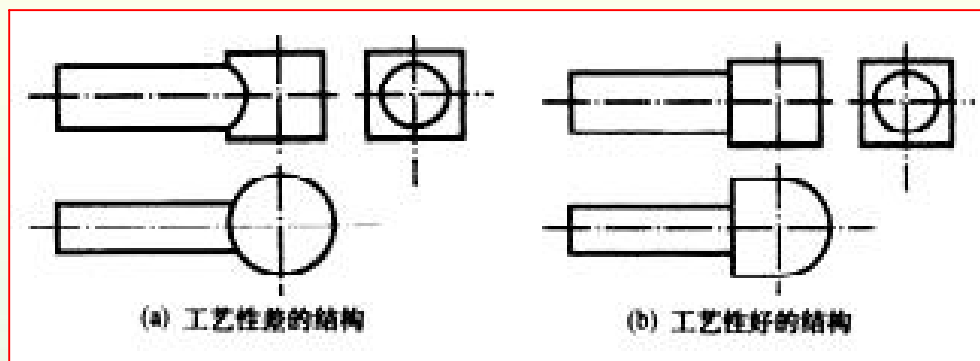
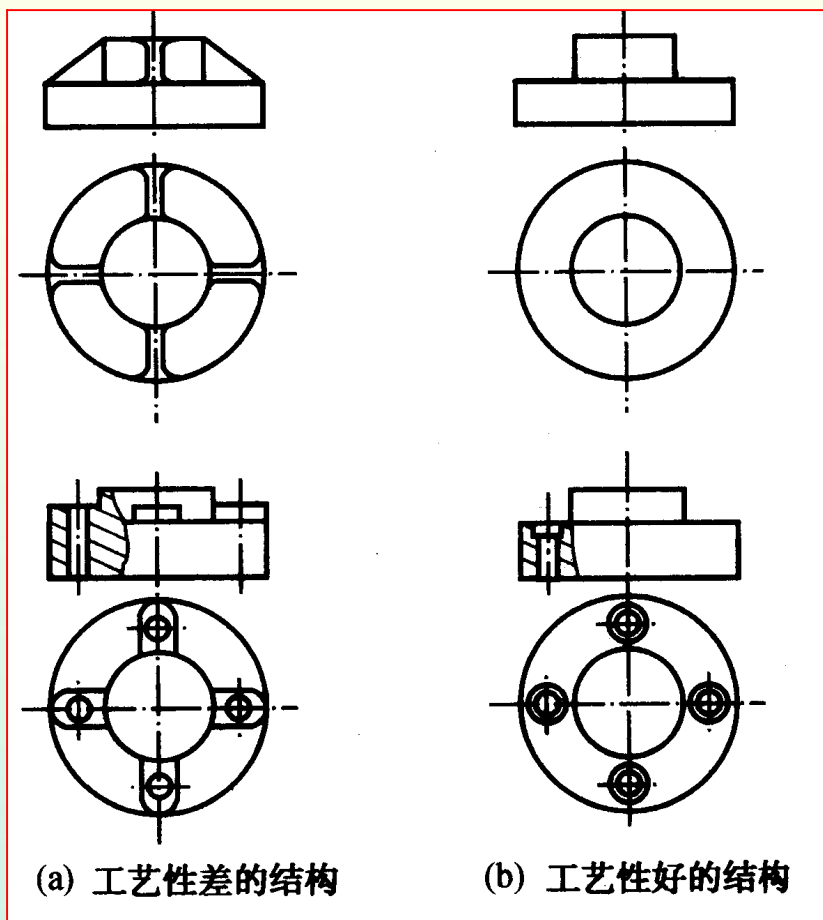
10.1.3 自由锻件结构设计的要求

在设计自由锻造的零件时，除满足其使用性能的要求外，还必须具有良好的结构工艺性。

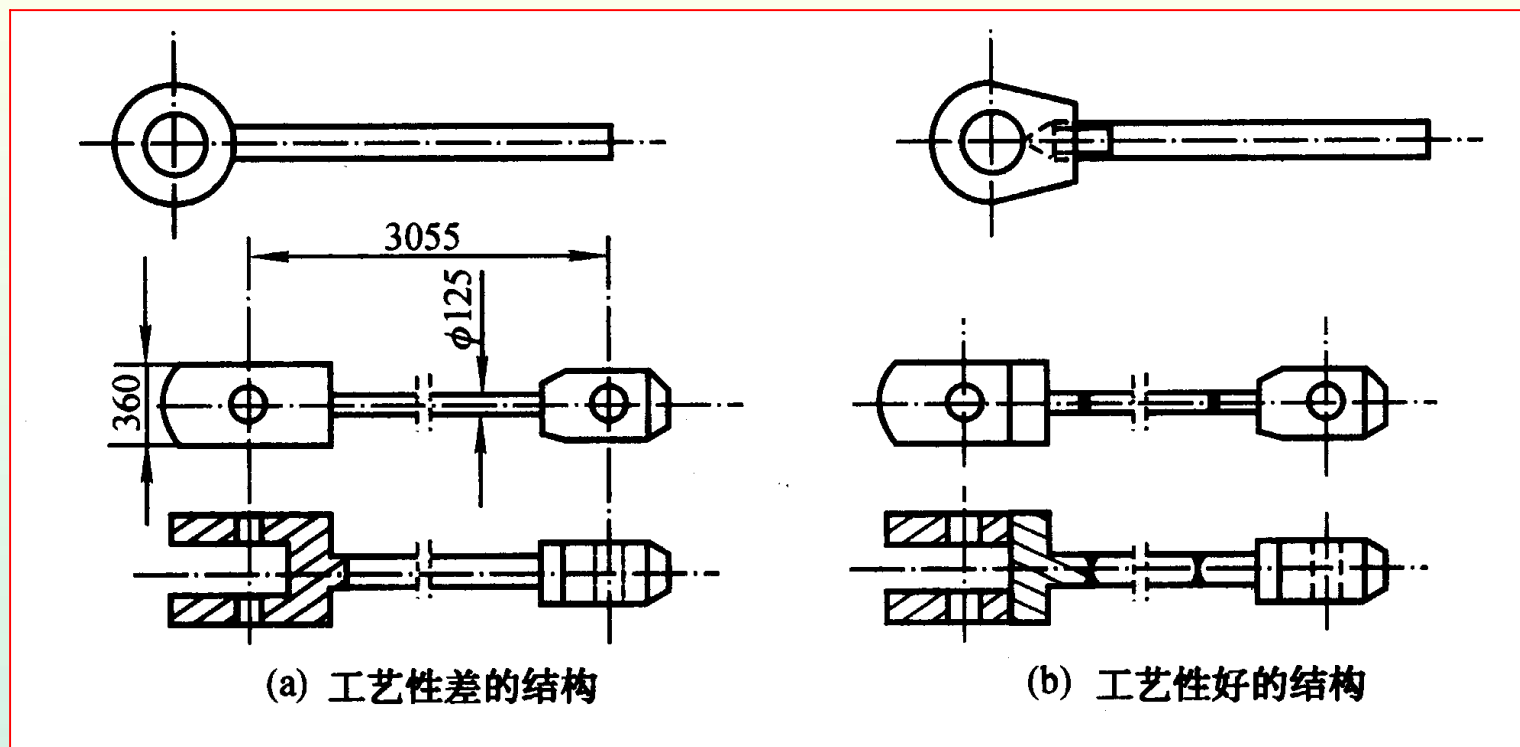
1. 要避免有窄的凹槽、圆锥面等结构设计



2. 锻件上不允许有肋、小凸台和相贯线等异形结构



3. 自由锻件的横截面若有急剧变化或形状较复杂时，应设计成由几个简单件构成的几何体。



10.2 模锻

利用锻模使坯料变形而获得锻件的锻造方法称为**模锻**。

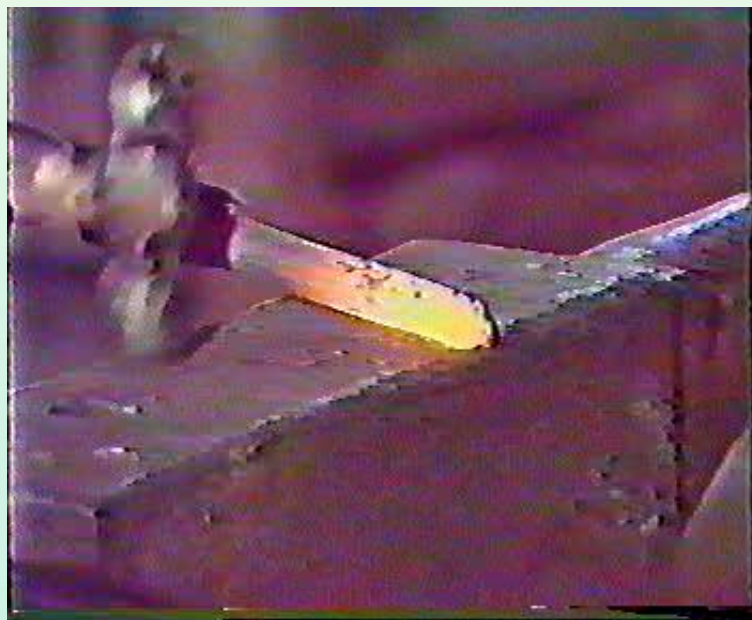
由于金属是在模膛内变形，其流动受到模壁的限制，因而模锻生产的锻件尺寸精确、加工余量较小，结构可以较复杂，而且生产效率高。

模锻分**胎模锻**和**固定模锻**两类。

10.2.1 胎模锻

胎模锻是在自由锻设备上使用可移动模具生产模锻件的一种方法。

胎模不固定在锤头或砧座上，只是在使用时才放上去，它介于自由锻和模锻之间。



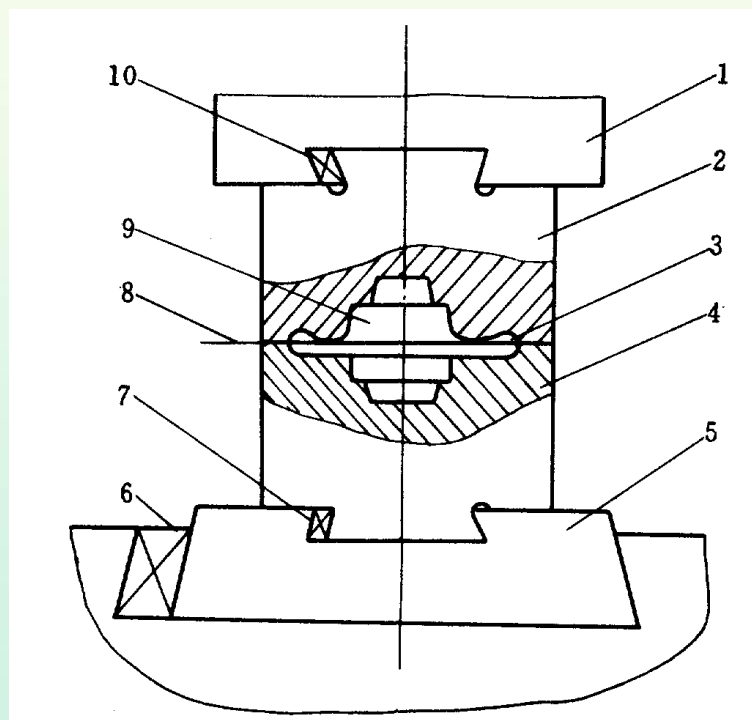
10.2.2 固定模锻

固定模锻时，上、下锻模是分别固定在锻压设备的锤头（或滑块）及下砧（或工作台）上的。

固定模锻根据所用设备不同可分为**锤上模锻**和**压力机上模锻**。锤上模锻是我国当前模锻生产的基本方法。

一、锤上模锻

锤上模锻所用设备为模锻锤，由它产生的冲击力使金属变形。其最常用的设备是蒸汽-空气模锻锤。



锤上模锻所用的锻模

- 1-锤头 2-上模 3-毛边槽 4-下模 5-模垫 6、7、10-紧固楔铁 8-分模面 9-模膛



模锻生产的工艺规程制定包括：**模锻锻件图制定、锻模模膛设计**、毛坯计算、工序确定、设备选择、毛坯加热、锻模及模锻件的修正工序等。

上次课内容回顾

冷变形与热变形

铸锭在压力加工中产生塑性变形时，基体金属的晶粒形状和**纤维组织**沿晶界分布的杂质形状都发生了变形，它们都将沿着**变形方向**被拉长，呈纤维形状的结构。

纤维组织的利用原则：

- 使纤维分布与零件的轮廓相符合而不被切断；
- 使零件所受的最大拉应力与纤维方向一致，最大切应力与纤维方向垂直。

金属的可锻性

金属的可锻性取决于**金属的本质**（内因）和**加工条件**（外因）。

锻造是使加热好的金属坯料，在外力的作用下发生塑性变形，通过控制金属的流动，使其成形为所需形状、尺寸和组织的方法。

自由锻是大型件唯一的锻造方法。

自由锻工序可分为基本工序、辅助工序和修整工序三大类。

基本工序主要有镦粗、拔长、冲孔、弯曲、切割、错移和扭转。

自由锻件结构设计的要求

模锻分**胎模锻**和**固定模锻**两类。

1. 锻件图制定

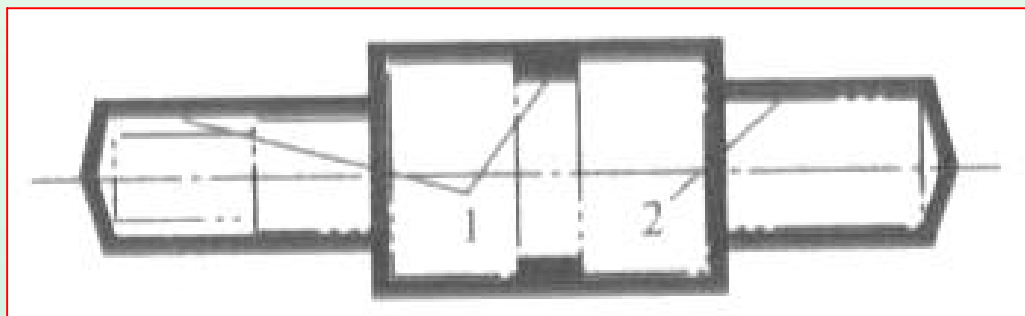
锻件图是根据零件图绘制的，是设计及制造锻模、计算毛坯以及检验锻件的依据，对模锻件的生产有很大影响。

自由锻件的锻件图是在零件图的基础上考虑了机械加工余量、锻造公差、敷料等之后绘制的图形。

模锻件的锻件图还应考虑分模面的选择、模锻斜度和圆角半径等。

(1) 敷料、机械加工余量和锻造公差

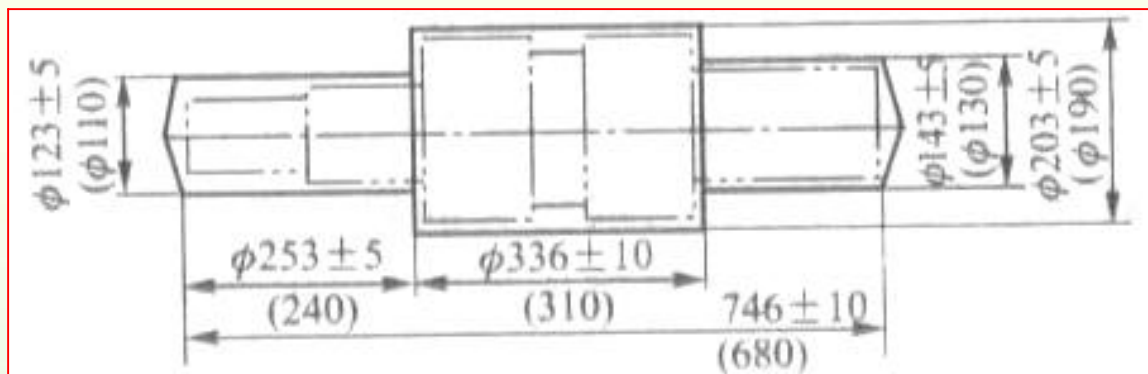
为了简化零件的形状和结构、便于锻造而增加的一部分金属，称为**敷料**。



1-敷料 2-机械加工余量

成形时为了保证机械加工最终获得所需的尺寸而允许保留的多余金属，称为**机械加工余量**。

锻造公差是锻件名义尺寸的允许变动量。

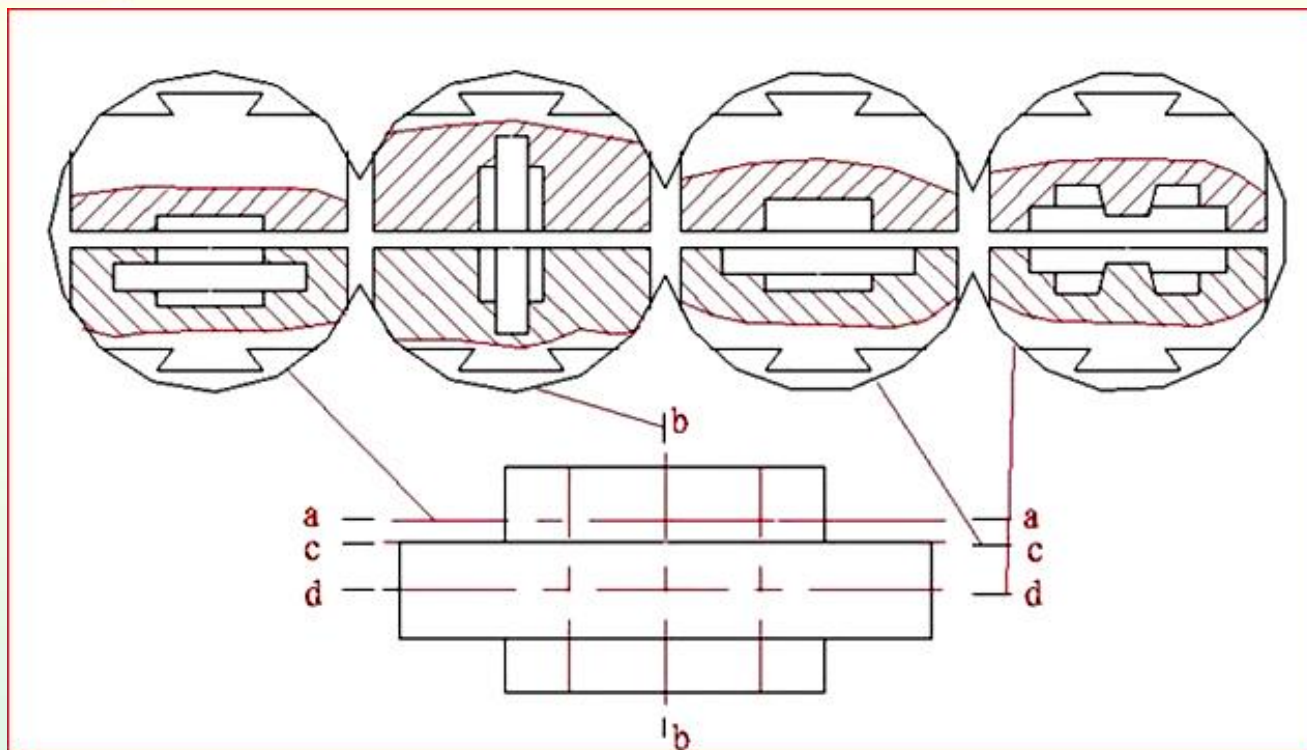


锻件图

(2) 分模面

分模面即上下锻模在模锻件上的分界面。锻件分模面的位置选择正确与否，关系到锻件成形、锻件出模、材料利用率等一系列问题。

- 1) 要保证模锻件能从模膛中取出。
- 2) 使模膛深度最浅。
- 3) 分模面的上下模膛外形要一致。
- 4) 使所需的敷料最少。
- 5) 分模面要选择平面。



分模面的选择比较

方案a：已成形的模锻件无法取出。

方案b：模膛深度较深，不利于金属充满模膛、取件；并且零件中的孔不能锻出来。

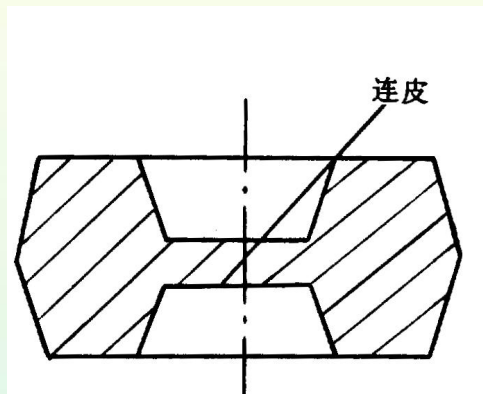
方案c：上下模沿分模面的模膛轮廓不一致。

方案a、b、c都存在各种问题，只有方案d最为合理。

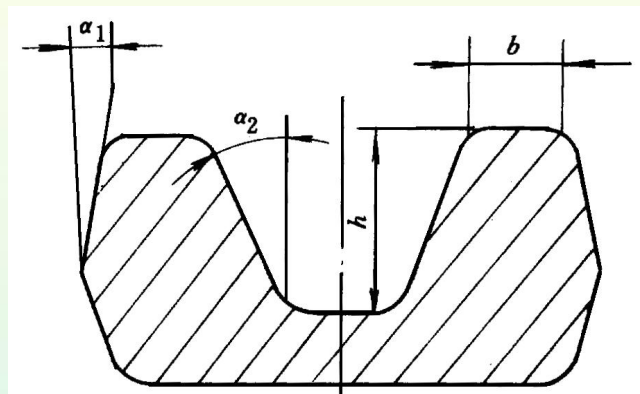
(3) 冲孔连皮和模锻斜度

由于模锻无法直接锻出透孔，需在该处留有较薄的金属，称为**冲孔连皮**。

为了使锻件易于从模膛中取出，锻件与模膛侧壁接触部分需带一定斜度，锻件上的这一斜度称为**模锻斜度**。



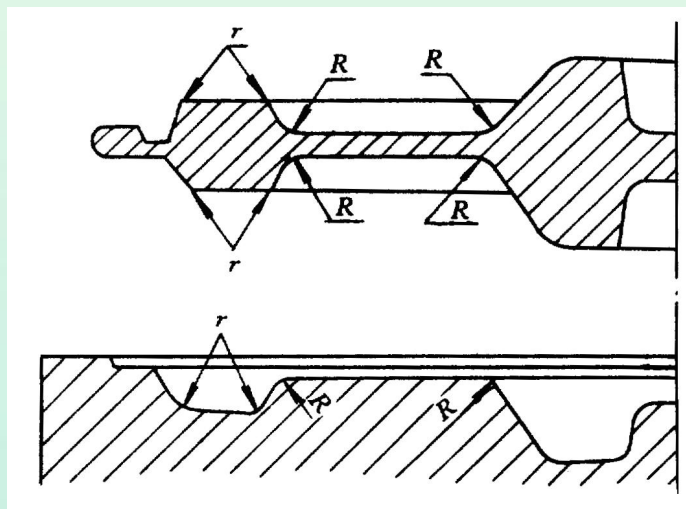
冲孔连皮

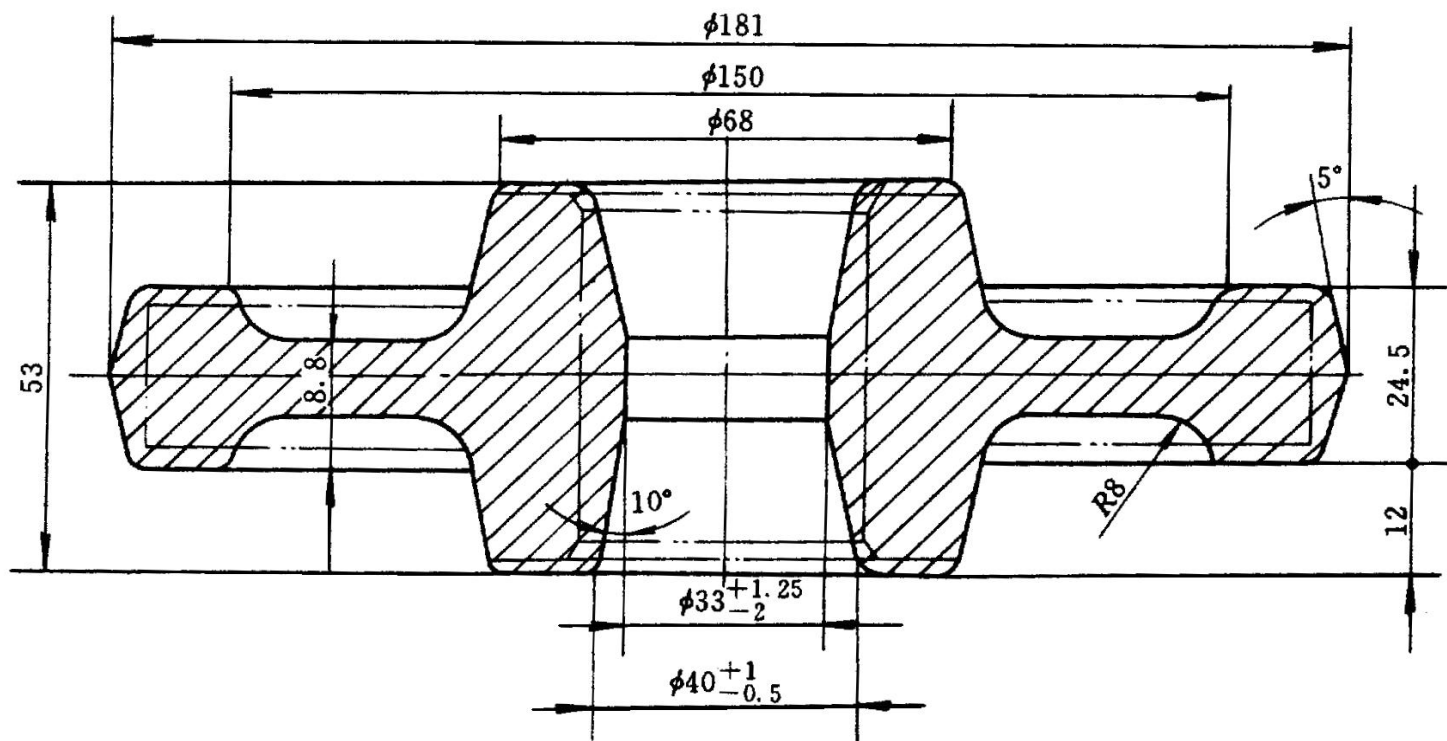


模锻斜度

(4) 模锻圆角半径

在锻件上所有两平面的交角处均应做成圆角。这样，可增大锻件强度，模锻时金属易于流动而充满模膛，避免锻模上的内尖角处产生裂纹，减缓锻模外尖角处的磨损。





双点线为零件轮廓外形，分模面选在锻件水平方向的中部。零件轮辐部分不加工，故不留加工余量。孔的中间留有冲孔连皮。

2. 锻模模膛

根据模膛的功能，锻模的模膛分为**模锻模膛**和**制坯模膛**两大类。

(1) 模锻模膛

模锻模膛的作用是使坯料变形到锻件所要求的形状和尺寸。对于形状复杂、精度要求较高、批量较大的锻件，还要分为预锻模膛和终锻模膛。

1) 预锻模膛

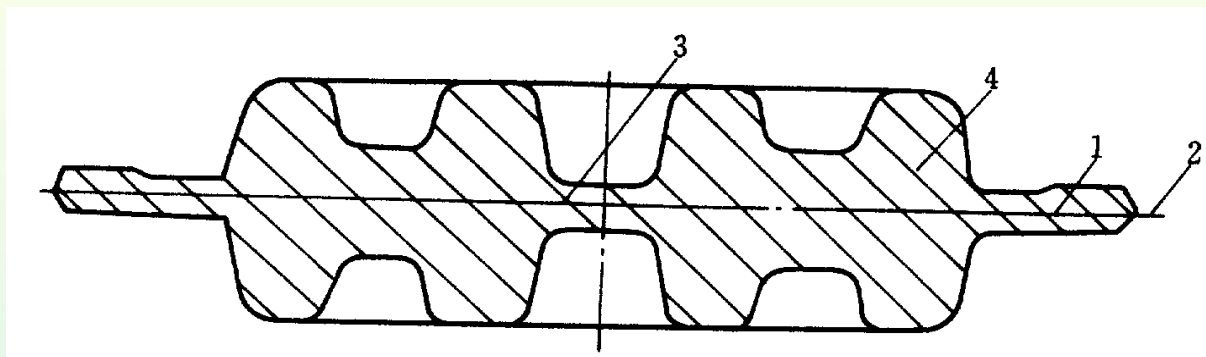
预锻模膛的作用是使毛坯变形到接近于锻件的形状和尺寸，这样在进行终锻时，金属容易填满模膛而获得锻件所需要的尺寸，同时减少终锻模膛的磨损，延长锻模的使用寿命。

2) 终锻模膛

终锻模膛的作用是使毛坯最后变形到锻件所要求的形状和尺寸，因此，它的形状应和锻件的形状相同，但因锻件冷却时要收缩，故终锻模膛的尺寸应比锻件尺寸放大一个收缩量。

钢件收缩量取1.5%。

沿模膛四周有**飞边槽**，用以**增加**金属从模膛中流出的**阻力**，促使金属充满模膛，同时容纳多余的金属。



带有冲孔连皮及飞边的模锻件

1-飞边 2-分模面 3-冲孔连皮 4-锻件

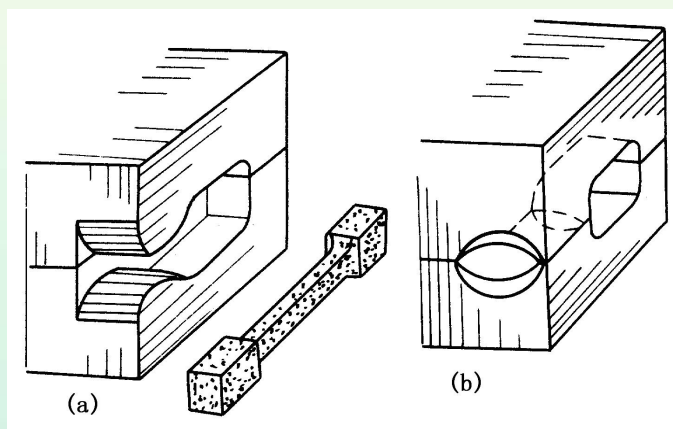
预锻模膛与终锻模膛的主要区别是，前者的圆角和斜度较大，没有飞边槽。

(2) 制坯模锻

对于形状复杂的锻件，为了使毛坯形状基本符合锻件形状，以便使金属能合理分布和很好地充满模膛，就必须预先在制坯模膛内制坯。

制坯模膛有以下几种类型：

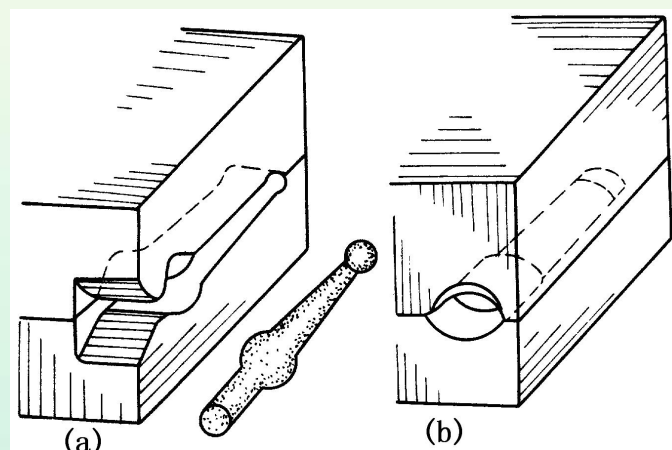
1) 拔长模膛——它是用来减少毛坯某部分的横截面积，以增加该部分的长度。



(a) 开式

(b) 闭式

拔长模膛



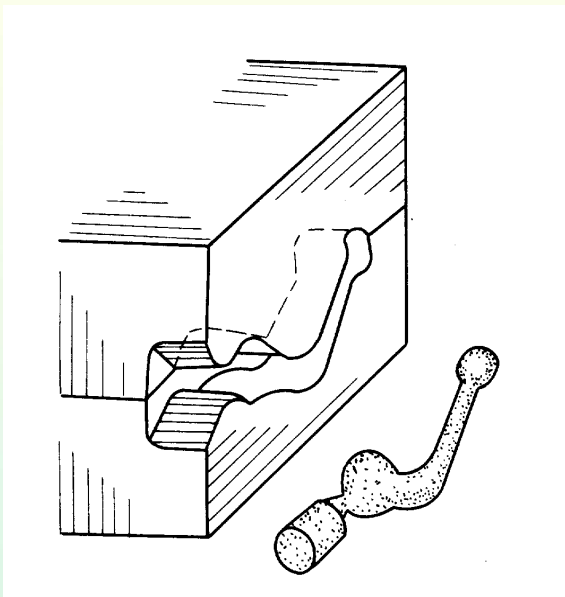
(a) 开式

(b) 闭式

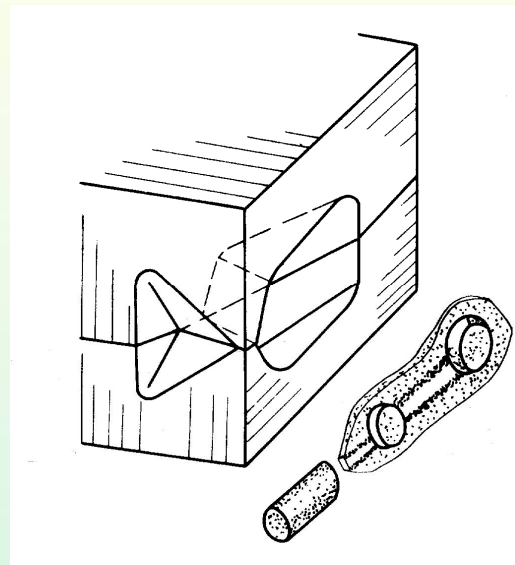
滚压模膛

2) 滚压模膛——在坯料长度基本不变的前提下，用来减小坯料某部分的横截面积，以增大另一部分的横截面积。

3) 弯曲模膛——对于弯曲的杆类模锻件，需用弯曲模膛来弯曲毛坯。



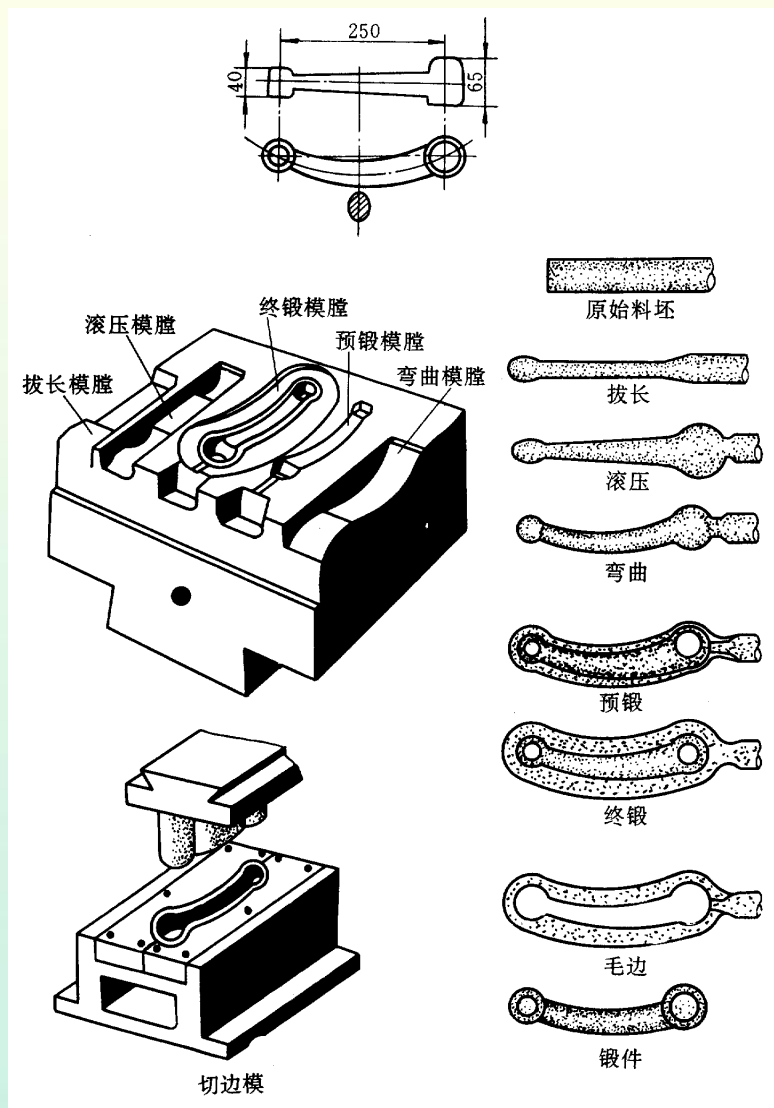
弯曲模膛



切断模膛

4) 切断模膛——它是在上模与下模的角上组成一对刃口，用来切断金属。

根据模锻件的复杂程度不同，所需变形的模膛数量不等，以及实际生产需要，可将锻模设计成**单膛**或**多膛锻模**。

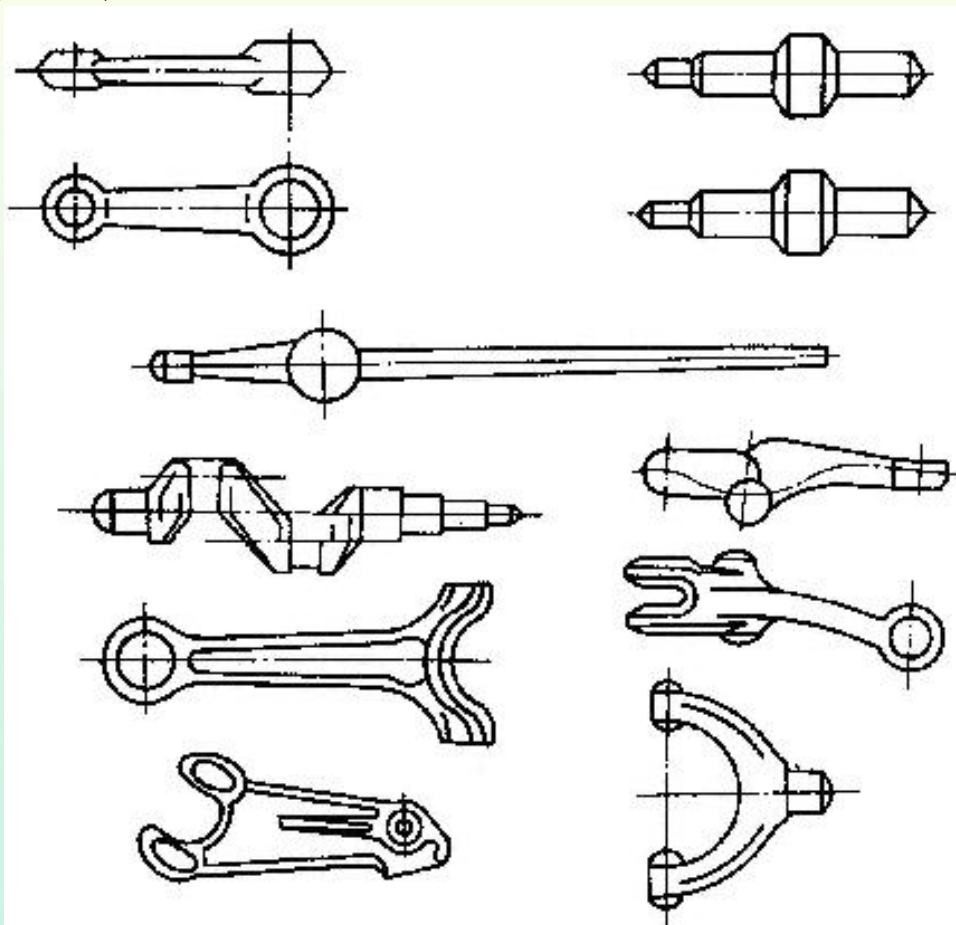


3. 模锻工序的确定

模锻工序主要是根据锻件的形状和尺寸来确定。

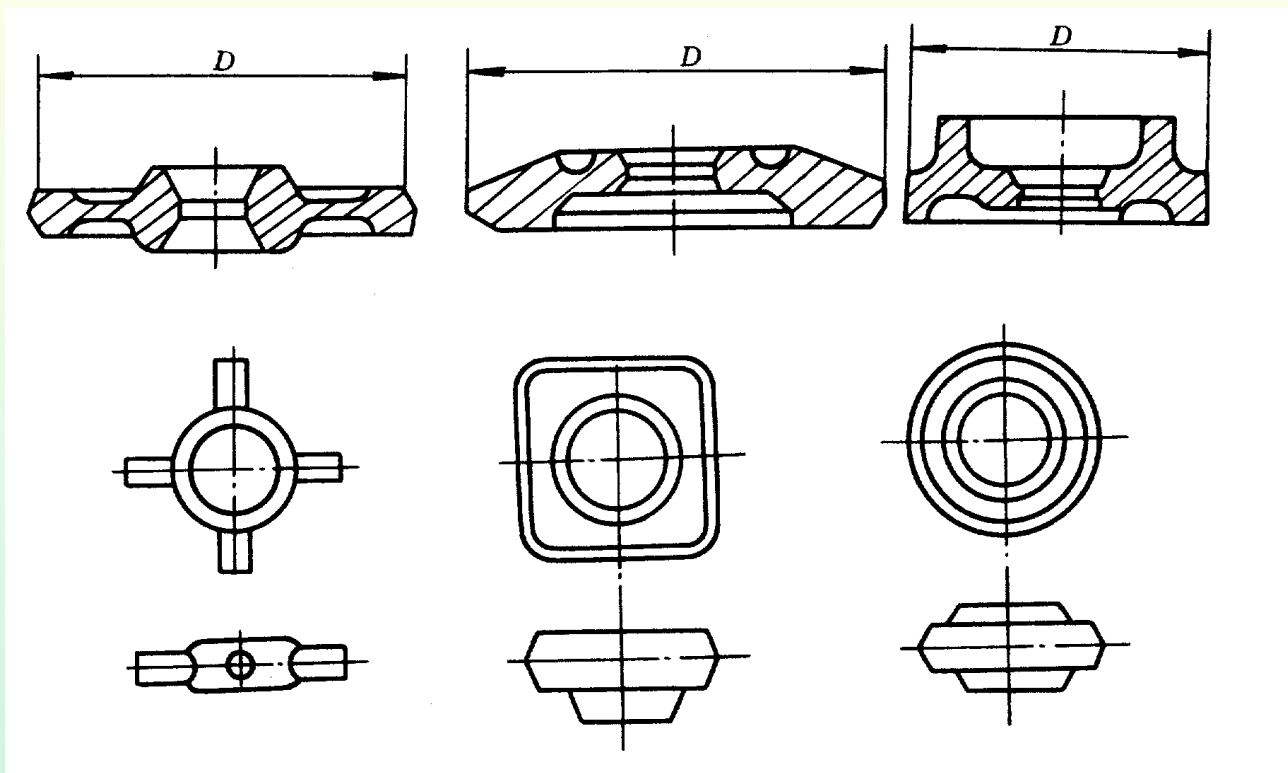
(1) 长轴类锻件

此类锻件在锻造时，锤击方向垂直于锻件的轴线。常选用拔长、滚压、弯曲、预锻和终锻等工序。



(2) 短轴类锻件

在分模面上的投影为圆形或长度接近与宽度的锻件，如齿轮、法兰盘。此类锻件在锻造时，锤击方向与坯料轴线相同。常选用镦粗、预锻和终锻等工序。



短轴类锻件

模锻工序确定以后，再根据已确定的工序选择相应的制坯模膛和模锻模膛。

4. 修整工序

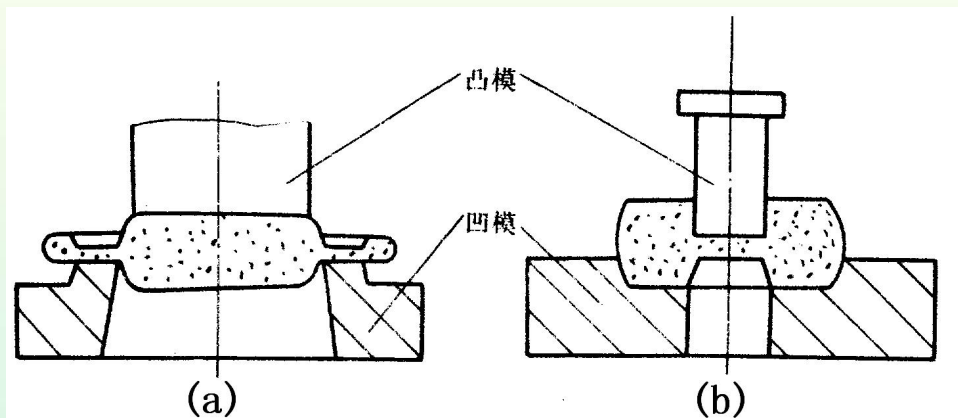
不论是长轴类锻件，还是短轴类锻件，毛坯在锻模内制成模锻件后，尚须经过一系列修整工序，以保证并提高锻件质量。

1) 切边和冲孔

刚锻制成的模锻件，一般都带有飞边和连皮，须在压力机上将它们切除。

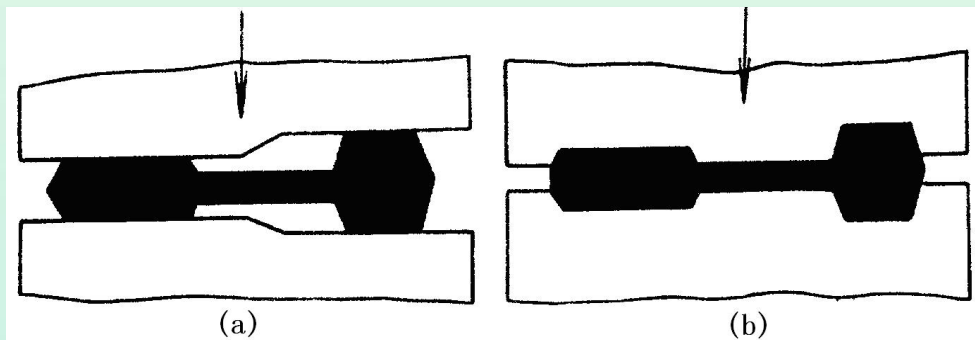
2) 校正

在切边及其它工序中都会引起锻件变形，特别是形状复杂的锻件变形更严重。因此，需对锻件进行校正。



(a) 切边模

(b) 冲孔模



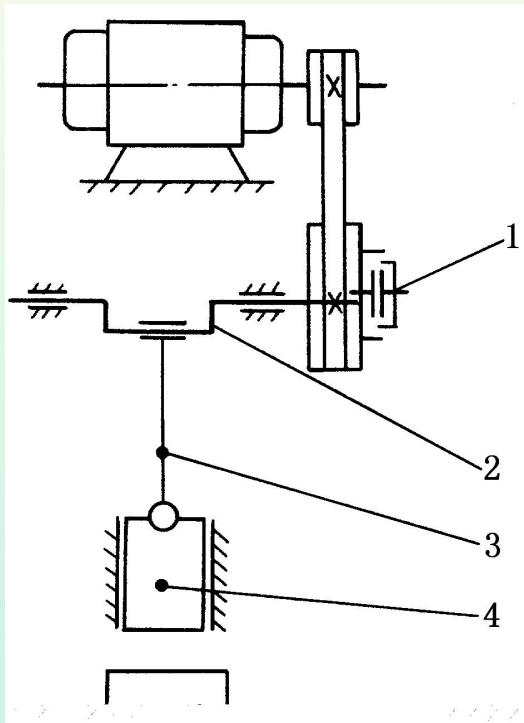
(a) 平面校正

(b) 体积校正

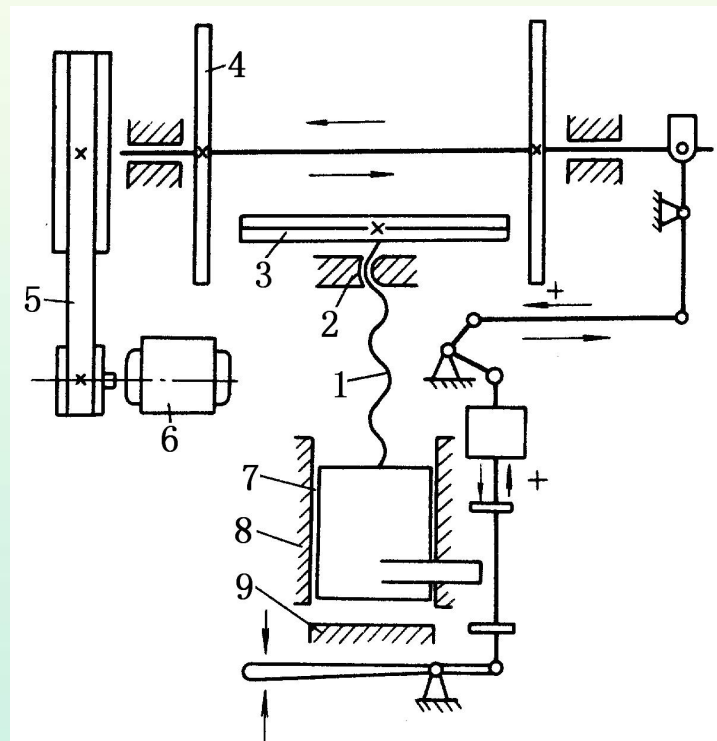
二、压力机上模锻（自学）

锤上模锻在生产过程中有振动和噪声大、劳动条件差、蒸汽效率低、能源消耗多等难以克服的缺点。因此，近年来大吨位模锻锤有逐步被压力机所代替的趋势。

用于模锻生产的压力机有：曲柄压力机、摩擦压力机、平锻机等。



曲柄压力机传动图



摩擦压力机的传动系统

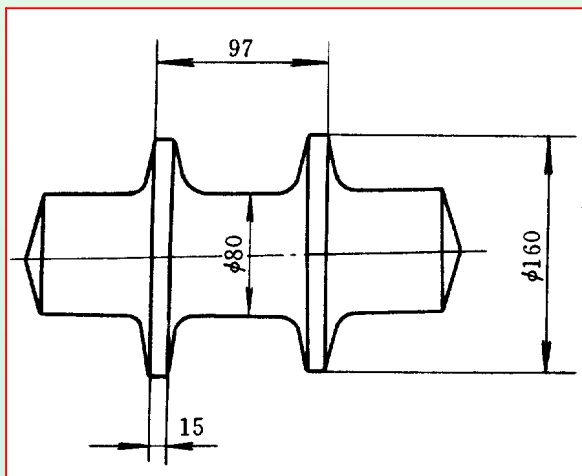
10.2.3 模锻件的结构工艺性

由于模锻件是在锻模模膛中最终成形的，模锻件的成形条件比自由锻件优越，因此，模锻件的形状可以比自由锻件复杂。

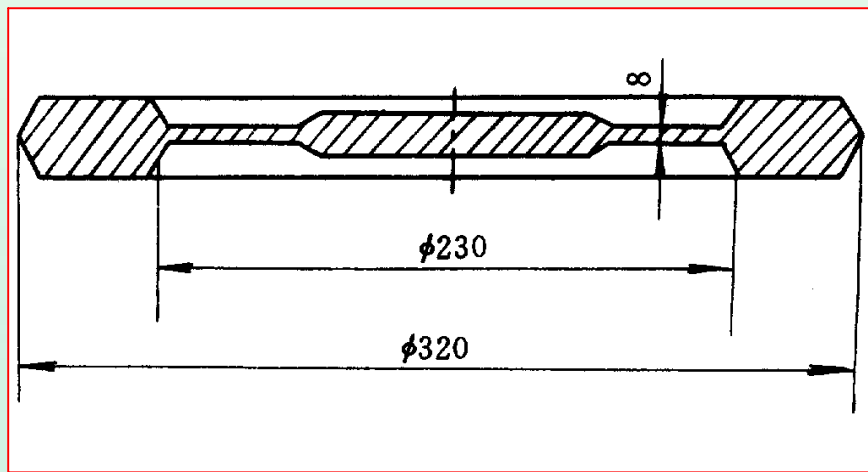
但是模锻件的结构仍然受到模锻设备和工艺特点的限制，设计时应遵循以下几条原则：

(1) 必须保证模锻件能从模膛中取出。为此，须有一个合理的分模面，使敷料最少，锻模制造容易。

(2) 为了使金属容易充满模膛和减少工序，零件外形力求简单、平直和对称，尽量避免零件截面间差别过大，或具有薄壁、高筋、凸起等结构。

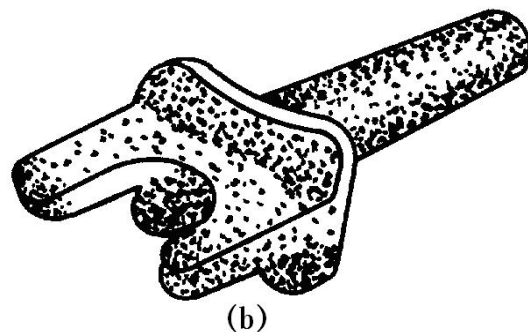
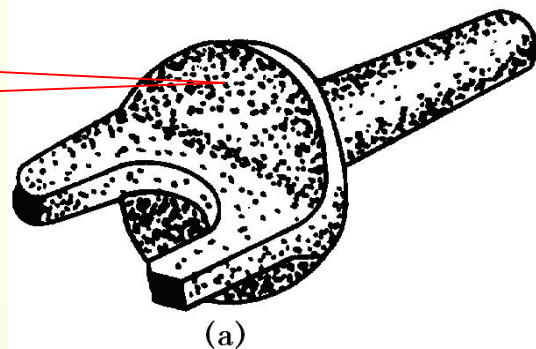


(a) 截面间差别过大



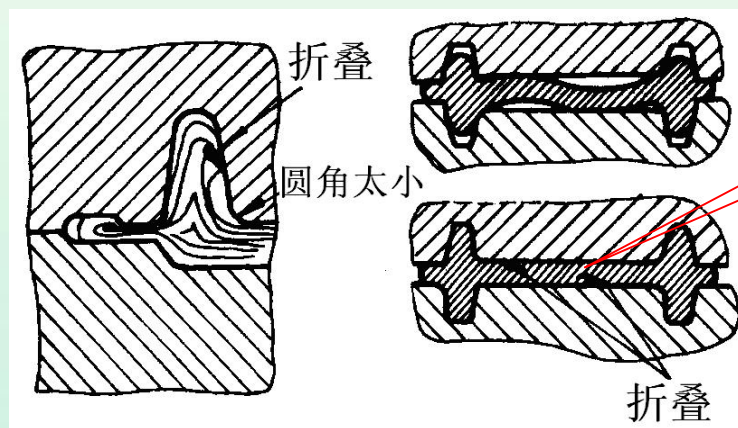
(b) 模锻件扁而薄

高而薄的凸缘



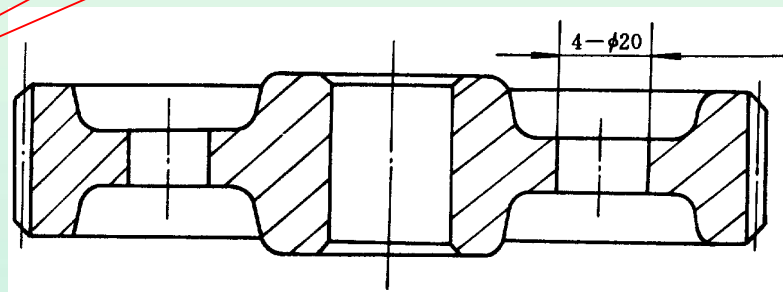
(3) 由于模锻件尺寸精度高、表面粗糙度低，因此，零件上只有与其它机件配合的表面才需要进行机械加工，其它表面应设计为非加工表面。

零件上与锤击方向平行的非加工表面应设计出斜度，非加工表面所形成的角应按圆角设计。



模锻件设计不合理产生折叠

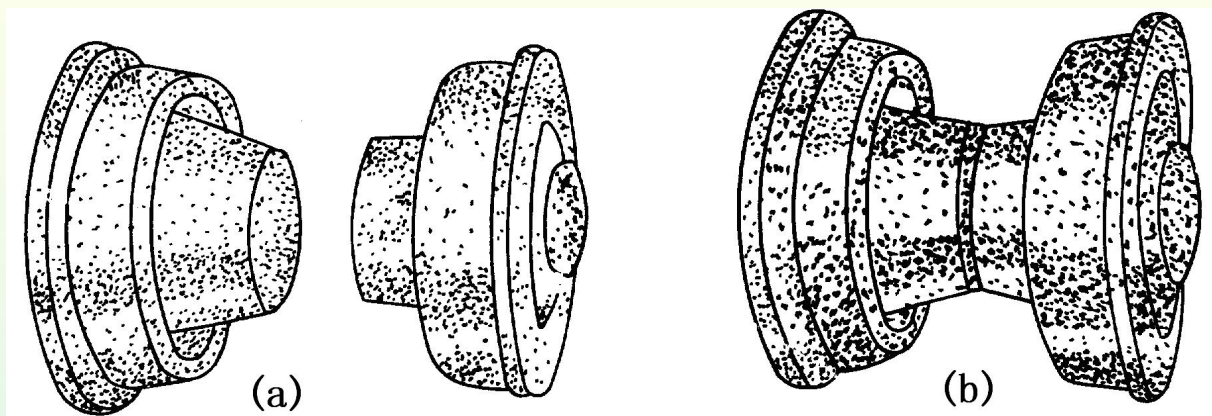
温度不够



多孔齿轮

(4) 在零件结构允许的情况下，应尽量避免设计有深孔或多孔的结构。

(5) 采用组合工艺。在可能的条件下，将复杂的锻件设计成锻-焊组合的工件，以减少敷料，简化模锻工艺。



(a) 模锻件

(b) 焊合件