



锻造

第一节 概述

第二节 金属的加热和锻件的冷却

第三节 自由锻

第四节 自由锻工艺设计简介

锻造安全技术要求





第一节 概述

对金属材料施加外力，使之产生塑性变形，改变其形状、尺寸及改善性能，用以制造原材料、毛坯或机械零件的成形方法

主要特点：

- 1、产品的力学性能好
- 2、节约金属材料和切削加工工时
- 3、产品形状不能太复杂，尺寸精度不太高
- 4、生产现场劳动条件较差



常用的锻造生产方式有：

自由锻造：用简单、通用的工具在自由锻设备的上下抵铁间直接使坯料变形

模型锻造：在专用的模锻设备上，使坯料在
高强度金属制成的锻模内成形

胎模锻造：在自由锻设备上，使用活动锻模
使金属坯料成形

工艺过程为：加热 → 锻制 → 冷却





一、加热的目的和加热温度范围

塑性变形时，金属材料的塑性和变形抗力综合反映了进行锻压生产的难易程度

随着加热温度的升高，金属材料的塑性升高、变形抗力降低，即其锻造性能变好

锻造以前对金属材料进行加热以提高其塑性和降低变形抗力，是锻造生产重要的工序

金属材料在锻造生产时允许加热的最高温度称始锻温度；必须及时停止锻造的温度称为终锻温度



在保证不出现加热缺陷的前提下，始锻温度应尽量取高一些；在保证塑性足够的前提下，终锻温度应尽可能定低一些

常用钢材的锻造温度范围

牌号	始锻温度℃	终锻温度℃
低碳钢	1250	750
45	1200	800
T12A	1150	830
65Mn	1200	830
GCr15	1150	850
Cr12MoV	1050	900
W18Cr4V	1100	900

➤始锻温度和终锻温度给定的温度区间称锻造温度范围



实际生产中，随温度的不同，钢材对外表现出不同的颜色，锻造时即可以根据钢材的颜色大致估计其温度，称为“看火色”

钢材火色和温度的关系

火 色	温度 (°C)	火 色	温度 (°C)
暗棕色	520~580	亮红色	830~880
棕红色	580~650	橘黄色	880~1050
暗红色	650~750	橙黄色	1050~1150
暗樱红色	750~780	亮黄色	1150~1250
樱桃色	780~800	白 色	1250~1320
亮桃红色	800~830		



三、加热缺陷及防止方法

加热过程中，若控制不当，会产生一些加热缺陷，这些缺陷轻者增大材料消耗，造成产品质量问题，重者造成废品，若不注意还会导致人身事故。所以，应对加热过程中可能出现的缺陷予以足够的重视。

加热时可能出现的加热缺陷有：



1.氧化和脱碳

产生原因：钢的表面和炉气中的氧化性气体发生化学反应

表现形式：生成氧化皮；坯料表面含碳量减少

影 响：造成坯料体积损失，
使表面质量下降；
产品表面软化；
强度和耐磨性下降

减少方法：控制炉内的加热气氛；
减少坯料加热后在炉内的停留时间；
重要件采用少、无氧化加热。



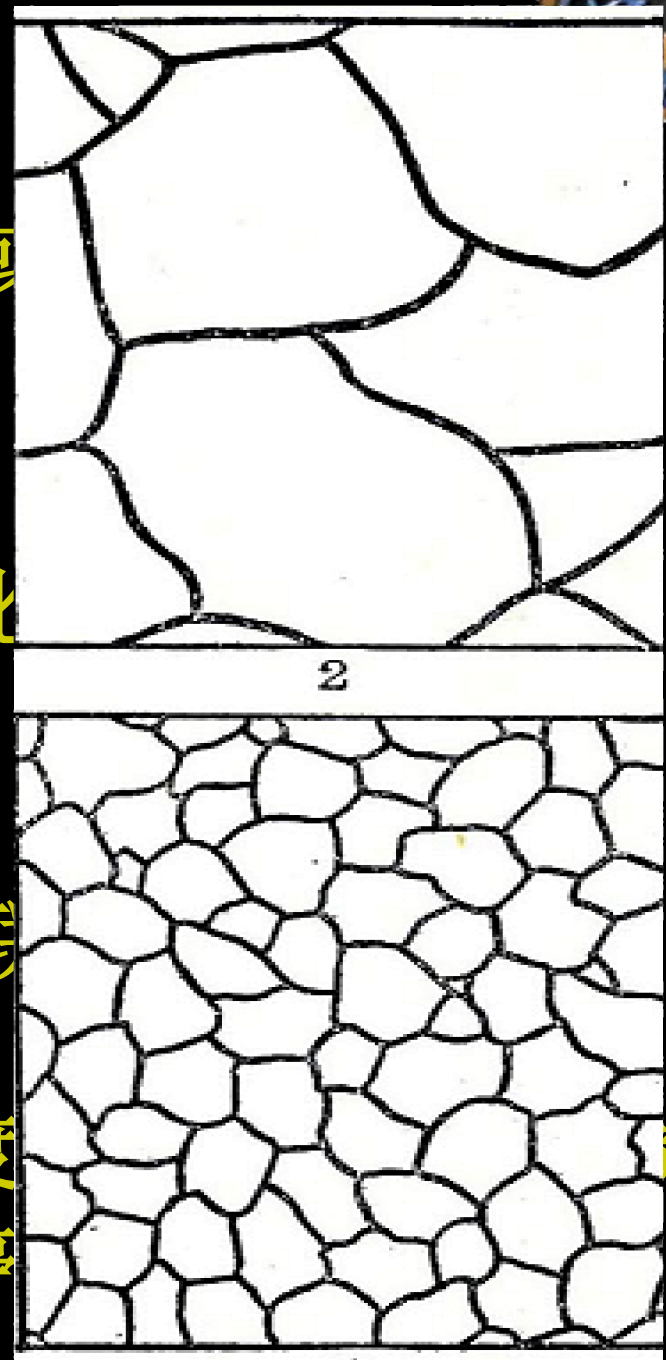
2、过热和过烧

产生原因：加热到始锻温度或长时间保温

表现形式：材料的晶粒粗大；
晶界低熔点杂质熔化

影响：强度和塑性下降，
为明显；
破坏了晶粒间的联系
打就会碎裂

防止方法：严格控制加热温度
坯料在高温下的停





3、心部裂纹

产生原因：装炉温度过高或加热速度过快

表现形式：坯料表层和心部会出现比较大的温差并引起温度应力

影 响：坯料中心部位受到拉应力的作用而被拉裂

防止方法：低温装炉、分段加热

(装炉温度控制在 600°C 以下，以较慢的速度加热到 600°C 左右，经一段时间保温，使内外温度均匀后再快速加热到始锻温度)



四、锻件的冷却

锻件锻后的冷却方式有三种：

空冷：在无风的空气中，放在干燥的地面上冷却

坑冷：放入充填有炉灰、砂子、石灰等保温材料的坑中冷却

炉冷：锻制完成后，立即放入**500~700℃**的加热炉中，随炉冷却至较低温度后再出炉冷却

◆ 碳素结构钢和低合金结构钢的中、小型锻件用空冷；高合金钢一般采用冷却速度较慢的坑冷或炉冷



第三节 自由锻

用简单、通用的工具在自由锻设备的上、下抵铁间直接使坯料变形获得锻件的生产方法

优点：使用的工具简单；操作灵活；通过局部成形组合出所需锻件的形状、尺寸

缺点：锻件的精度低，生产率低，工人技术水平要求高，劳动强度大

应用：单件、小批、形状简单的锻件，大型、重型锻件，尤其是特大型锻件



一、自由锻设备简介

空气锤是生产小型自由锻件最常用的设备

空气锤是将电能转化成压缩空气的压力能来产生打击力的

基本动作：

空转、悬锤、

下压、单击、连击





二、自由锻主要工序

基本工序：变形量较大的改变坯料形状和尺寸，实现锻件基本成形的工序

辅助工序：为便于实施基本工序而预先使坯料产生少量变形的工序

精整工序：基本工序之后进行的小量修整工序

自由锻件的成形都是这三类工序的组合



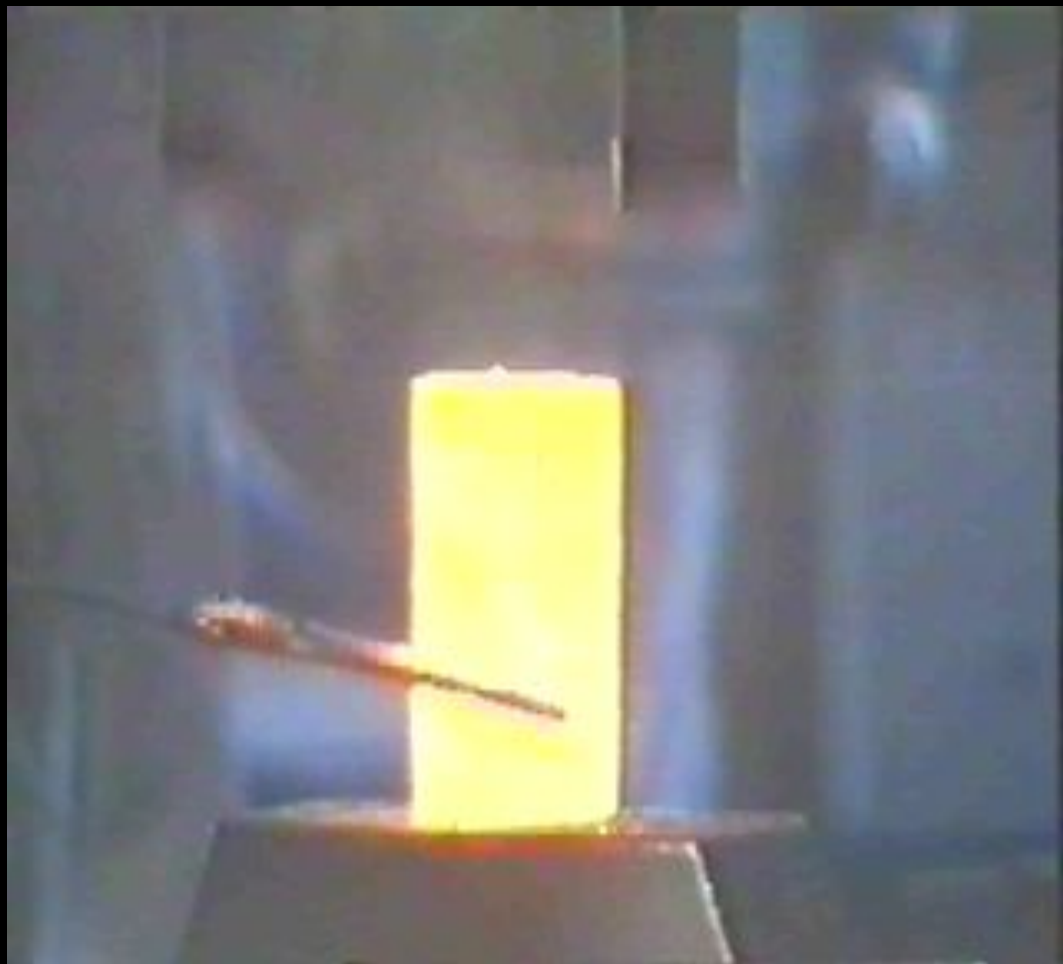
自由锻基本工序

1、镦粗

使坯料高度减小横截面积增大的锻造工序

用于锻造齿轮坯、饼块类、法兰类锻件；
在锻造空心锻件时，
作为冲孔前的辅助工
序

镦粗坯料的原始高度
 H_0 与直径 D_0 的比值
应小于**2.5~3**，大
于**0.5**





2、拔长

使坯料横截面积减小而长度增加的工序

主要用于轴、杆类及长筒类锻件的成形，也可用于和镦粗工序一起增大变形量

被拔长部分

$L=(0.3\sim 0.7)B$,

B为抵铁宽度；

边拔长，边翻转





3、冲孔

用冲子在坯料上锻出通孔或不通孔的工序

用于各类带孔锻件

拍平端面；
较薄的坯料通常采用单面冲孔；
厚度较大的锻件，一般采用双面冲孔法

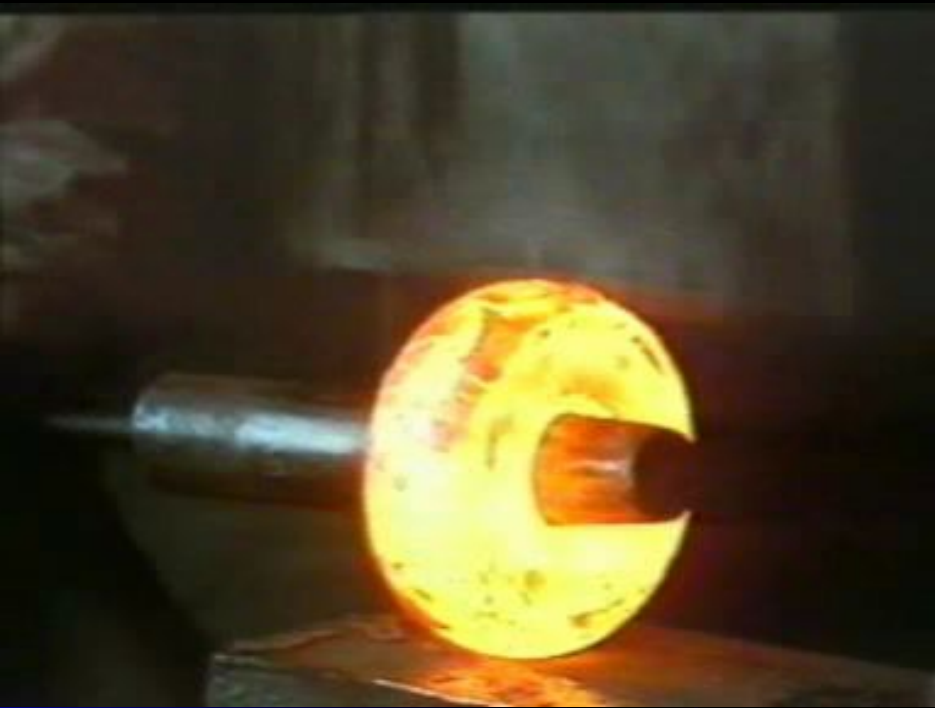




4、芯轴拔长和芯棒扩孔

减小空心坯料的壁厚而增加其长度，适用于锻造长筒形锻件

使坯料的壁厚减薄，内、外径同时增大的工序，适用于锻造圆环类锻件





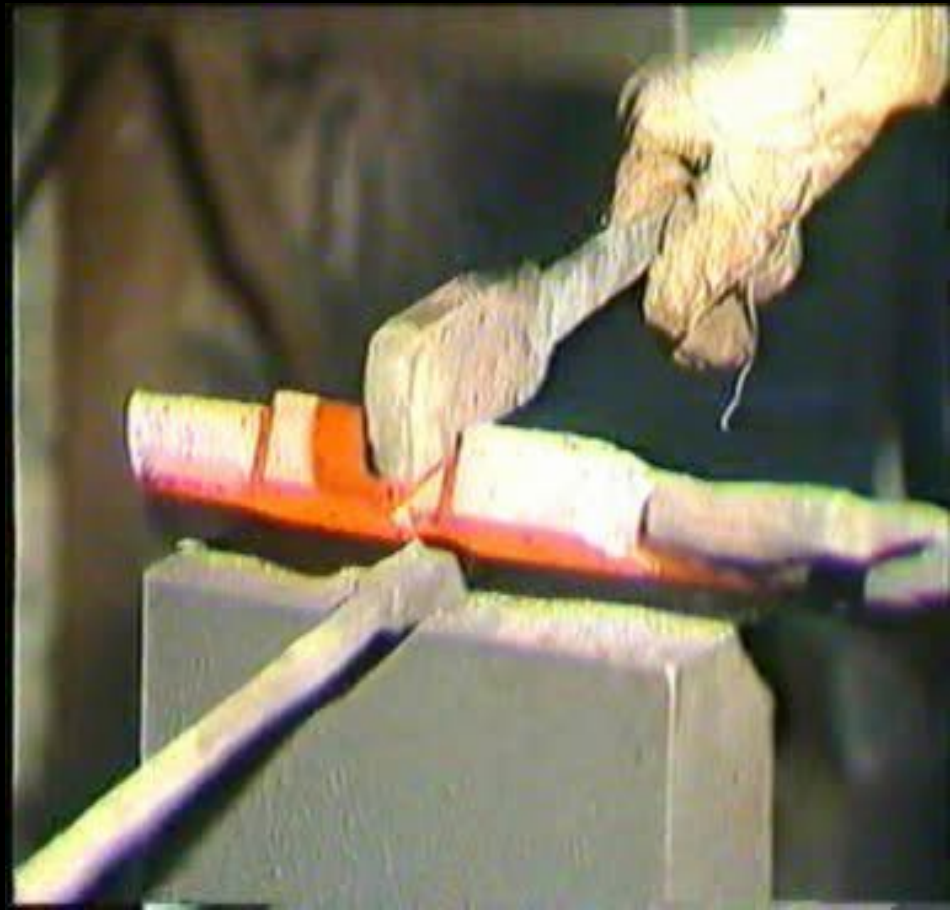
5、弯曲

使坯料弯成一定的
角度和形状的工序



6、扭转

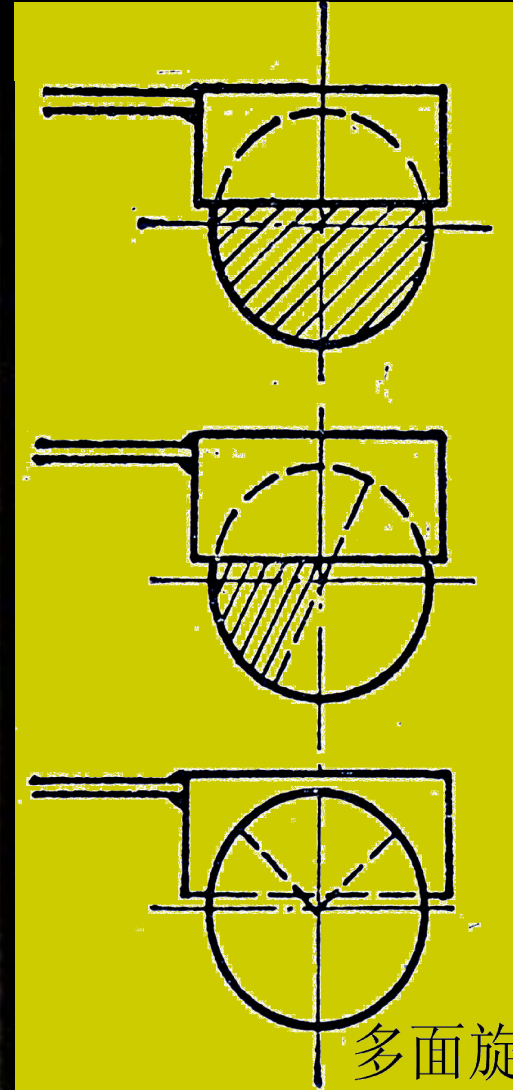
将坯料的一部分相对
于另一部分旋转一定角度
的工序





6. 切割

分割坯料或切除锻件多余部分的工序



多面旋



第四节 自由锻工艺设计简介



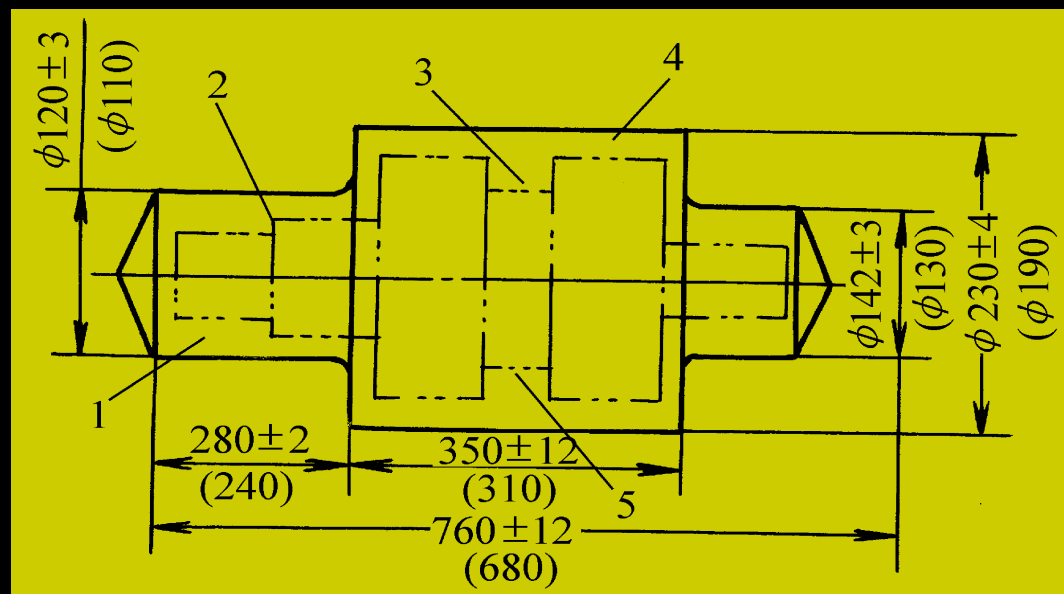
1、绘制锻件图

余块：简化锻件形状，便于锻造

余量：所有面都应添加加工余量

公差：所有尺寸都应给出锻件公差，数值较大

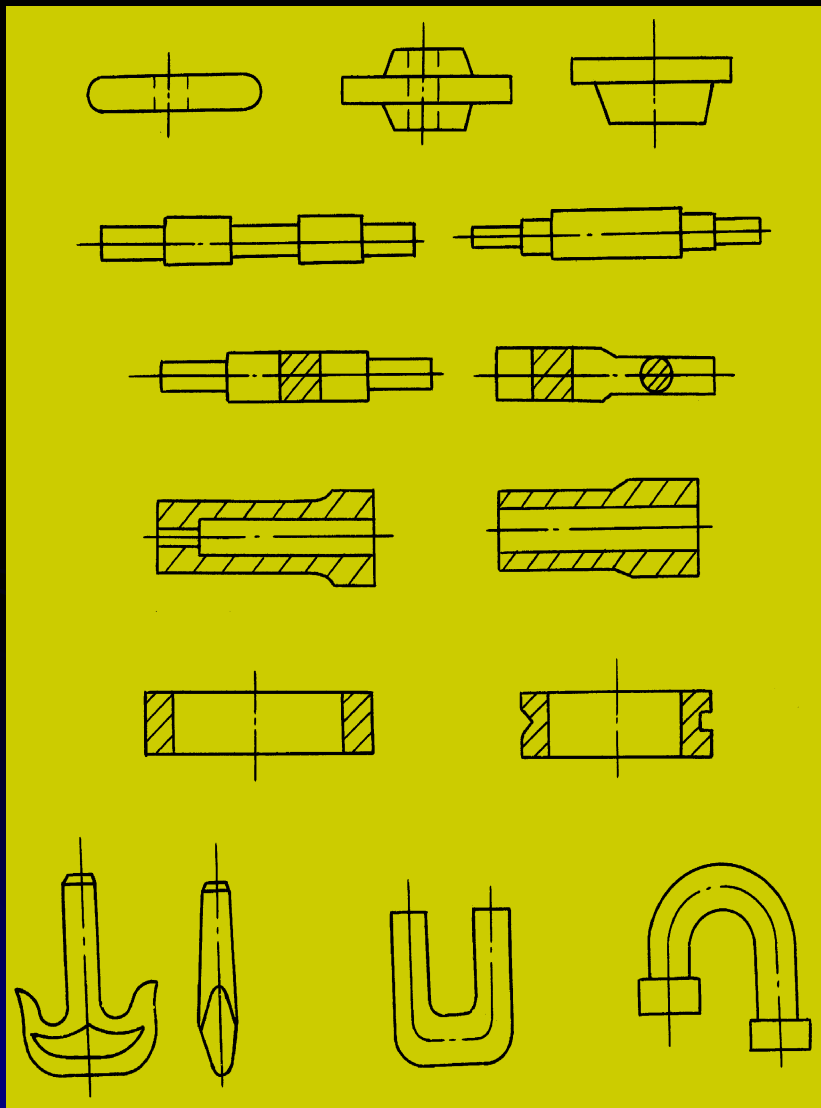
画法：锻件轮廓用粗实线绘出；零件基本形状用双点划线表示；锻件尺寸和公差标注于尺寸线上方；零件公称尺寸标注在相应锻件尺寸下方（或后方）的括弧内





2. 确定变形工序

依据锻件的结构形状确定



盘块类： 锻粗—冲孔；
局部锻粗—冲孔

轴杆类： 拔长；
拔长—切肩—锻台阶；
局部锻粗—拔长

圆筒类： 锻粗—冲孔—芯轴拔长

圆环类： 锻粗—冲孔—芯轴扩孔

弯曲类： 拔长—弯曲



3、计算坯料的质量及尺寸

坯料质量 = 锻件质量 + 氧化损失 + 截料损失

锻件质量：按锻件的密度和体积计算

氧化损失：与加热炉的种类有关

（钢料在火焰炉中加热时，首次加热的损失按锻件体积的**2%~3%**计算，以后各次加热的损失按每次**1.5%~2%**计算）

截料损失：指冲孔、修整锻件形状等截去的金属（截料损失的多少与锻件形状的复杂程度和工人操作的技术水平有关）



◆ 坯料具体尺寸与所选用的锻造工序特别是首道工序有关

首道工序是镦粗时：

圆截面坯料：

$$D_0 = (0.8 \sim 1.0) \sqrt[3]{V}$$

方截面坯料：

$$L_0 = (0.74 \sim 0.93) \sqrt[3]{V}$$

首道工序是拔长时：

圆截面坯料：

$$D_0 = \sqrt{4S / \pi}$$

方截面坯料：

$$L_0 = \sqrt{S}$$

(**S**为坯料最大横截面积)



4、确定锻造温度范围及锻后处理规范

坯料的锻造温度范围和加热方式、锻件的冷却方式、热处理工艺、检验标准和检验方法，都应根据技术要求和实际生产条件确定，并填写在工艺卡片上



锻造安全技术要求

1. 实习前要穿好工作服，戴好手套。
2. 检查所需使用的工具是否安全、可靠。
3. 操作前工具、材料及相关物品必须摆放整齐，并清除设备周围的一切障碍物。
4. 严禁身体的任何部位进入锻造设备落下部分的下方。
5. 去除砧面上的杂物应用刷子或扫帚，不得用嘴吹或用手直接清除。
6. 操作时要思想集中，注意姿势正确。
7. 不要站立在容易飞出火星和料边的地方。
8. 不要用手触摸或脚踏未冷透的工件，避免烫伤。
9. 不准击打冷的工件，防止工件飞出来打伤人。



机械制造
工程训练



实习时注意安全