

金属工艺学：是一门研究关于制造金属机件工艺办法综合性技术学科

惯用以制造金属机件**基本工艺办法：**锻造 压力加工，焊接，切削加工，热解决。

第一编 金属材料导论

合金：以一种金属为基本，加入其他金属或非金属，通过熔炼，烧结或其他办法而制成 具备金属特性材料。

金属材料重要机械性能有：弹性 塑性 刚度 强度 硬度 冲击韧性 疲劳度和断裂韧性

弹性：金属材料受外力作用时产生变形，当外力去掉后能恢复其本来形状性能。

弹性变形：这种随着外力消失而消失变形，叫弹性变形，其大小与外力成正比。

塑性：金属材料在外力作用下，产生永久变形而不致引起破坏性能。

塑性变形：在外力消失后留下来这某些不可恢复变形，叫塑性变形，其大小与外力不成正比。

σ_e 弹性极限 材料所能承受不生产永久变形最大应力

σ_s 屈服极限 浮现明显塑性变形时应力

$\sigma_{0.2}$ 产生 0.2%塑性变形时应力作为屈服极限时

金属材料**塑性**常 用**延伸率**来表达 $\delta = (l - l_0) / l_0 * 100\%$

也可用**断面收缩率**来表达 $\psi = (F_0 - F) / F_0 * 100\%$

$\Delta \psi$ 越大，塑性越好

刚度：金属材料在受力时抵抗弹性变形能力。

弹性模数：在弹性范畴内，应力与应变比值。它相称于引起单位变形时所需要应力。

弹性模数越大，表达在一事实上应力作用下能发生弹性变形越小。

弹性模数大小重要决定于金属材料自身，同一类材料中弹性模数差别不大。弹性模数被以为是金属材料最稳定性质之一。

强度：是金属材料在外力作用下抵抗塑性变形和断裂能力。

按作用力不同，可以分为抗拉强度，抗压强度，抗弯强度和抗扭强度。在工程上惯用来表达金属材料强度指标有屈服强度和抗拉强度。

屈服强度 σ_s : 金属材料发生屈服现象时屈服极限，亦 抵抗微量塑性变形应力。

$$\sigma_s = P_s / F_0 (\text{Pa 帕斯卡})$$

抗拉强度 σ_b : 金属材料在拉断前所能随最大应力。

$$\sigma_b = P_b / F_0 (\text{Pa 帕斯卡})$$

硬度: 金属材料抵抗更硬 物体压入其内能力。

布氏: HB 圆球压头。普通只用于测定其值不大于 450 材料。通惯用于测定铸铁，有色金属 低合金构造等材料硬度。

洛氏: 金刚石圆锥压头或钢球。依照压并没有形式和载荷分为 HRA HRB HRC HRD 几种标度。

维氏: 金刚石正四棱锥体。HV。

冲击韧性: 金属材料抵抗冲击载荷作用下断裂能力。

冲击实验是生产上用来生产上用来检查热加工，热解决工艺质量有效办法。

疲劳强度: 金属材料在无多次重者或交变载荷作用下而不致引起断裂最大应力。

纯弯曲疲劳极限 σ_{-1} ，拉压疲劳极限 σ_{-1P} 扭转疲劳极限 τ_{-1}

当应力降至某值后，疲劳曲线成为水平，即表达该材料也许经受地多次应力循环而仍不发生疲劳断裂，这个应力值叫**疲劳强度极限**。

疲劳曲线无明显水平某些，钢材料以 10^7 为基数，有色金属以 10^8

断裂韧性: 用来反映材料抵抗裂纹失稳扩张能力性能指标。 K_{IC}

物理性能: 比重 熔点 热膨胀性 导热性 导电性

化学性能: 耐酸性 耐碱性 抗化性

工艺性能: 锻造性 可锻性 可焊性 切削加工性

体心立方晶格: 每个体心立方晶胞中有 $1/8 \times 8 + 1 = 2$ 个原子

面心立方晶格 $1/8 \times 8 + 1/2 \times 6 = 4$ 个原子

密排六方晶格 $1/6 \times 12 + 1/2 \times 2 + 3 = 6$ 个原子

液态金属冷却到理论结晶温度如下才开始结晶现象，叫过冷。

理论结晶温度与实际结晶温度之差，叫过冷度。

冷却速度越快，过冷度越大。

晶柱 晶界 晶轴

金属结晶时，晶粒尺寸随冷却速度增大而减小。帮可用增长冷却速度办法来使晶粒细化。

液态金属中晶核越多，每个晶核发长大余地就越小，长成晶粒也越细。

一种金属能以几种晶格类型存在性质叫**同素异构性**。

金属在固态时变化其晶格类型过程，叫金属**同素异构转变**。这一转变与液态金属结晶过程很相似，也涉及晶核发形成 和晶粒成长两个阶段，故又叫做**二次结晶（或重结晶）**，以区别是于由液态转变为固态初次结晶。

铁同素异构转化

α 铁 ~ 912 体心立方晶格

γ 铁 912 -1394 面心立方晶格

δ 铁 1394-1538 体心立方晶格

组元：构成合金元素叫组元。组元普通指化学元素。但稳定化合物也可以当作是一种组元。

相：在金属和合金晶体组织中，凡化学成分和晶格构造相似，并与其他某些有界面分开均匀构成某些。

固溶体：置换固溶体 间隙固溶体

溶质原子与溶剂原子之比不大于 0.59 时，才干形成间隙固溶体。

固溶强化：溶质原子使固溶体强度和硬度升高现象。

固态合金中基本相构造为固溶体和金属化合物。

铁碳合金：

铁素体：碳溶解在 α 铁中形成固溶体，也叫 α 固溶体，用 F 表达。

奥氏体：碳溶解在 γ 铁中形成固溶体，也叫 γ 固溶体，用 A 表达。

渗碳体：铁与碳形成稳定倾物 Fe_3C ,含碳量 6.69%，硬脆。

珠光体：铁素体+渗碳体 用 P 表达

莱氏体：奥氏体+渗碳体 用 Le 表达 硬度高，塑性差，在 727 度以上存在，727 度如下为 Le'，是珠光体+渗碳体

共晶生铁：含碳量 4.3%（C 点 共晶点 1148 度）莱氏体

亚共晶生铁：含碳量 2.11-4.3%

过共晶生铁：含碳量 4.3-6.69%

共析钢：含碳量 0.77% （S 点共析点 727 度）奥氏体—珠光体）

亚共析钢：含碳量 <0.77%

过共析钢：含碳量 >0.77%

GS 线：A₃ 奥氏体冷却到 GS 线时，开始析出铁素体

ES 线：A_{cm} 奥氏体冷却到 ES 线时，开始析出渗碳体

PSK 线：A₁ 共析线 当奥氏体 冷却到 PSK 线时，同步析出铁素体和渗 碳体机械混合物。

S 点 0.77 E 点 2.11

碳素钢：含碳量 1.5%如下。

低碳钢：含碳量 0.25%如下 强度低，塑性和可焊性较好

中碳钢：含碳量 0.25-0.6%有较高强度，但塑性和可焊性则较差。

高碳钢：含碳量 0.6%以上，塑性和可焊性很差，但热处理后会有很高强度和硬度。

钢分灰

钢 碳素钢 碳素构造钢 普通碳素构造钢 甲类乙类 A1...A7 抗拉强度增长，延伸率下降

优质碳素构造钢 10 15 20... 70 含碳量万百分比

碳素工具钢 优质碳素工具钢 T7 T8...T13 含碳量千分比

高档优质碳素工具钢 T7A ..T13A P S 含量不大于 0.03%

合金钢 碳千分比（不不大于 1.0%时不标），合金比例（合金元素不大于 1.5%时，不标）

低合金钢：合金元素不大于 5%

合金钢 合金构造钢 普通低合金构造钢

机构制造合金构造钢（渗碳钢 调质钢 弹簧钢）

合金工具钢 低合金工具钢

高合金工具钢

特殊性能钢 不锈钢 耐热钢 耐磨钢（含碳量普通不标出）

P S 低温或高温下能加大钢脆性

普通钢：0.045% 0.055%

优质构造钢 0.04% 0.045%

工具钢 0.04%

高档优质钢 0.03%

钢中含碳量越多，则珠光体和渗碳体越多。因而硬度越高，塑性越低。

选材原则：1、选用材料要满足零件工作条件规定 2、材料工艺性能也是选材重要根据之一 3、选材时必须十分注重材料经济性。

热解决 普通热解决（退火 正火 淬火 回火）

表面热解决 表面淬火（火焰加热 感应加热（高频中频工频）

化学热解决（渗 碳 氮化 碳氮共渗 其他）

特殊热解决 形变热解决 真空热解决 其他

共析钢过冷奥氏体等温转变产物大体可分为三个类型：高温转变产物 中间转变产物 低温转变产物

727-550 珠光体，过冷度越大，层片越薄，硬度也越高

727-650 珠光体组织

650-600 索氏体（细珠光体）S

600-550 屈氏体（极细珠光体）T

550-230 贝氏体 含碳过量铁素体和微小渗碳体混合而成

550-350 上贝氏体 B 上

350-230 下贝氏体 下贝氏体较上贝氏体有较高强度和硬度，塑性和韧性也较好。B 下

230 度如下(M_s) 过饱和 α 固溶体，马氏体 M

-50 度 (M_z) 所有转变成马氏体。MS

M_s M_z 之间组织为马氏体和残存奥氏体

钢热解决工艺：

退火：退火是将钢件加热到高于或低于钢临界点，保温一定期间，随后在炉中或埋入导热性较差介质中缓慢冷却，以获得接近平衡状态组织一种热解决工艺。

目：1、减少硬度 以利于切削加工 1、细化晶粒，改进组织，提高机械性能 3 消除内应力，并为下一道淬火工序作好准备 4 提高钢塑性和韧性，便于进行冷冲压或冷拉拔加工。

完全退火：加热 $>AC_3$ 保温后炉冷（减少硬度，便于切削加工）

球化退火：加热 $>AC_1$ 保温冷至 AR_1 炉冷至 600 度 空冷（改进切削加工性及变形开裂倾向）

等温退火：加热 $>AC_3$ 保温较快冷至 AR_1 等温转变后 空冷。

去应力退火：加热不大于 AR_1 （普通为 500-600）保温后缓冷

再结晶退火：加热到再结晶温度以上 150-250 度，即 650-750 度，保温后空冷（使钢材塑性恢复到冷变形前）

正火：加热到 AC_3 $ACCM$ 以上 30-50 度，保温后空冷。

淬火：加热到 AC_3 或 AC_1 以上 30-50 度，通过保温，然后在冷却介质中迅速冷却，以获得高硬度组织。

回火：将淬火加热到 AC_1 如下温度，保温，空冷或水冷。目的是为了消除淬火时因冷却过快而产生内应力，减少淬火钢脆性，使它具备一定韧性。

低温回火：加热温度为 150-200 度左右。组织变为回火马氏体。不会减少硬 度，但会消除一定内应力。

中温回火：350-500 度。极细球状渗 碳体和铁素体。提高弹性，硬度则有所减少。

高温回火：500-650 度。较细球状渗 碳体和铁素体。获得高韧性低硬度。

表面淬火：表面淬透到一定深度，而中心部仍保持未淬火状态一种局部淬火办法。

化学热解决：将工件放在一定介质中加热和保温，介质中活性原子渗入工件表层，以变化表层化学成分和组织，从而达到使工件表面具备某些特殊机械性能或物理化学性能一种热解决工艺。

第二篇：锻造

锻造：将液态合金浇铸到与零件形状尺寸相适应铸型空腔 中，待其冷却凝固，以获得毛坯或零件生产办法，。

常用缺陷：浇局限性，缩孔，夹渣，气孔，裂纹。

充型：液态合金填充铸型过程。

充型能力：液态合金布满铸型型腔，、获得形状完整轮廓清晰铸件能力。

充型能力局限性常用缺陷：浇局限性和冷隔。

影响充型能力重要因素：合金流动性/浇铸条件/铸型填充条件。

液态合金流动能力：越好充型能力越强，越便于浇出轮廓清晰薄而复杂铸件。有助于非金属和气体上浮与排除。尚有助于对合金将信将疑过程所产生收缩进行补缩。

液态合金流动性普通以“螺旋形试样”长度来衡量。

惯用锻造合金中，灰口铸铁 硅黄铜流动性最佳，铸钢流动性最差。

影响铸钢流动性因素诸多，但以化学成分影响最为明显。

合金成分远离共晶，结晶温度范畴越宽，流动性越差。（亚共晶铸铁随含碳量增长，结晶间隔减小，流动性提高。越接近共晶成分，越容易锻造。

浇铸条件：（浇铸温度 充型压力）

充型条件：铸型蓄热能力 铸型温度 铸型中气体。

铸件凝固方式：在铸件凝固过程中，断面上普通存在三个区域，即，凝固区和液相区。铸件凝固方式就是根据凝固区宽窄来划分。

逐级凝固：纯金共晶成分合金在凝固过程中因不存在液固并存凝固区，故断面上外层固体和内层液体由一条界限（凝固前沿）清晰分开，随着温度下降，固体层加厚液体层减少，直达铸件中心，这种凝固方式称为逐级凝固。

糊状凝固：如果合金结晶温度范畴很宽，且铸件温度分布较为平坦，则在凝固某段时间内，铸件表面并不存在固体层，而液固并存凝固区贯穿整个断面。

中间凝固：大多数合金凝固介于逐级凝固和糊状凝固之间。

影响铸件凝固方式重要因素是合金结晶温度范畴和铸件温度梯度。

合金结晶温度范畴：合金结晶温度范畴越小，凝固区域越窄，越倾向于逐级凝固。

铸件温度梯度：结晶温度范畴已定前提下，凝固区域宽窄取决于铸件内外层间温度梯度。若铸件温度梯度由小变大，则相应凝固区由宽变窄。温度梯度取决于：合金性质，铸型蓄热能力 浇铸温度。

锻造合金收缩：三个阶段为液态收缩 凝固收缩 固态收缩

顺序凝固：就是在铸件上也许浮现缩孔厚大部位通过安放冒口等工艺办法，使铸件上远离冒口部位先凝固，然后是接近冒口部位凝固，最后是冒口自身凝固。

内应力形成：热应力和机械应力

后冷（厚壁）受拉

先冷（薄壁）受压

时效解决：自然时效和人工时效。人工时效是是将铸件加热到 550-650 进行去应力退火。时效解决宜在粗加工之后进行。

热裂：铸件在高温下产生裂纹。裂纹短，缝隙宽，形状曲折，缝内呈氧化色。

冷裂：低温下形成裂纹，裂纹细小，呈持续直线状，有时缝内呈轻微氧化色。

铸件气孔：按气体来源可分为侵入气孔 析出气孔 反映气孔。

侵入气孔：砂型表面层汇集气体侵入金属液中形成气孔。多位于上表面附近，尺寸较大，呈椭圆形或梨形，孔内表面被氧化。

析出气孔：溶解于金属溶剂化物中气体在 过程中，因气体熔解度下降而析出，铸件因而而形成气孔称为析出气孔。分布面积较广，有时遍及整个铸件截面，而气孔尺寸甚小。

反映气孔：浇入铸型中金属溶剂化物与铸型材料、型芯撑、冷铁或熔渣之间，因化学反映产气愤体而形成气孔孔，统称反映气孔。

铸铁是含碳量不不大于 2.11%（2.8-3.5%）铁碳合金。

依照碳在铸铁中存在形式不同，可分为白口铸铁 灰口铸铁 麻口铸铁。

依照铸铁中石墨形态不同，灰口铸铁可分为：

普通灰口铸铁：石墨呈片状

可锻铸铁：呈团絮状

球墨铸铁 呈球状

蠕墨铸铁 呈蠕虫状

依照铸铁化学成分，还要分为普通铸铁和合金铸铁。

合金铸铁是指含硅量 4%含锰量而在于%或者指具有一定数量钛钒钼铬铈等无素铸铁，它们常具备耐蚀耐热耐磨等特性。

灰口铸铁：按照若何显微组织不同，灰口铸铁可分为珠光体灰口铸铁（重要机件），珠光体铁素体灰口铸铁（用途最广） 铁素体灰口铸铁（很少应用）

影响铸铁三围化重要因素是化学成分和冷却速度。

化学成分影响：**碳**是形成石墨元素，也是增进石墨化元素。含量越高，析出石墨就越多越粗大，基体中铁素体含量增多，珠光体减少。反之石墨减少，且细化。**硅**是强烈增进石墨化元素，随着含增长，石墨明显增多。

铸铁中 1%硅可使共晶含 碳量下降 0.3%。因而可将硅含量也折算成碳量，并将折算出来总碳量称为碳当量。

$C_{\text{当}}, C_{\text{当}}=C\%+0.3Si\%$ 。

灰铁 HT200(最低抗拉强度)

可锻铸铁：黑心可锻铸铁 KTH300-06（最低抗拉强度和延伸率） 珠光体可锻铸铁 KTZ 白心可锻铸铁。

重要制造形状复杂 随冲击载荷薄壁小零件。需退火，时间长工效低。

球墨铸铁按基体组织不同，重要分为铁素体球铁和珠光体球铁两大类。铁素体球铁塑性韧性好，珠光体球铁强度硬度高。QT500-5

铸钢：可分为锻造碳钢和锻造合金钢两大类。ZG25(含碳量万分位)

惯用锻造碳钢重要是含 C0.25-0.45%中碳钢。

如欲使钢具备耐磨耐蚀耐热等特殊性能，则需加入更多合金元素 (>10%)

纯铜俗称紫铜，熔点 1083。

黄铜是铜和锌合金。黄铜含锌量不大于 47%。 ZH

青铜铜与锌以外元素构合金统称青铜。 ZQ

铝合金比重轻，熔点低，导电性导热性和耐蚀性优良。

锻造铝合金分为铝硅合金，铝铜合金，铝镁合金和铝锌合金四类。

铝硅合金：又称硅铝明，其流动性好线收缩率低热裂倾向小气密性好又有足够强度。形状复杂薄壁件或气密性规定较高零件。如气缸体，化油器、仪表外壳等。

铝铜合金：耐热性好，重要用于制造活塞气缸头等。

铜合金熔化：为防止铜氧化，熔化青铜时应加熔剂（玻璃 硼砂）以覆盖铜液。为去除已形成氧化铜，最佳在出炉前加入 0.3-0.6%磷铜来脱氧。黄铜不需。

铝合金熔化：为减缓氧化和吸所了，加熔剂氯化铝和氯化钠，铝液出炉迈进行驱氢精练。压入氯化锌 六氯乙烷等氯 等氯盐或氯化物。

锻造工艺图：在零件图上用各种工艺符号表达出锻造工艺方案图形，涉及铸件波斯湾位置，铸型分型面 型芯数量 形状及固定办法 加工余量 拔模斜度 收缩率 浇注系统 冒口 冷铁尺寸和布置。

造型办法：手工造型 机器造型

机器造型不能进行三箱，不适当采用活块

顶杆起模式震压造型工作过程：填沙 震击紧砂 辅助压实 起模

浇注位置：1、铸件重要加工面应朝下。2、铸件大平面应朝下。3、为防止铸件挨个壁某些产生浇局限性或冷隔缺陷。4、对于容易产生缩孔铸件，应使厚某些放在分型面附近上部或侧面，以便在铸件厚处直接安顿冒口，使之实现自下而上顺序凝固。

分型面：1、应便于起模，使造型工艺简化。如尽量使分型面平直，数量少，避免不必要活块和型芯等。应尽量使铸型只有一种分型面。2、应尽量使铸件所有或大部置于同一砂箱，以保证铸件精度。3、为便于造型、下芯、合箱和检查铸件壁厚，应尽量使型腔及重要型芯位于下箱。但下箱也不适当过深，并尽量避免使用吊芯和大吊砂。

锻造工艺环节确认后需选定**详细参数：**机械加工余量 拔模斜度 收缩率 型芯头尺寸等。

机械加工余量：

拔模斜度：为了使模型（或型芯）易于从砂型（或芯盒）中取出，凡垂直于分型面立壁，制造模型时必要留出一定倾斜度，此倾斜度称为拔模斜度或锻造斜度。

收缩率：由于合金线收缩，铸件冷却后尺寸将比型腔尺寸略为缩小，为保证铸件应有尺寸，模型尺寸必要比铸件放大一种该合金收缩量。

型芯头：型芯头可分为垂直芯头和水平芯头两大类。

特种锻造：是批号与普通砂型锻造有明显区别某些锻造办法，如熔模锻造 金属型锻造 压力锻造 低压锻造 离心锻造 壳型锻造 陶瓷锻造 磁型锻造。

熔模锻造：用易熔材料制成模型，然后在模型上涂挂耐火材料，经硬化后，再将模型熔化，排出型外，从而获得无分型面铸型。由于熔模广泛采用蜡质材料来制造，故又常称为失蜡锻造。

熔模制造工艺过程涉及：蜡模制造 结壳 脱蜡 熔浇 浇注

熔模制造长处：1、铸件精度及表面质量均优，可生产出形状复杂薄壁铸件。2、能适就种合金锻造，对那些高熔点合金及难切削加工合金锻导致为可贵。3、生产批量不受限制。

熔模制造缺陷：材料昂贵，工艺过程复杂，生产周期长，铸件成本高，难于自动化，尺寸不能太大太长。

适于：高熔点合金精密铸件成批大量生产。适于形状复杂难以切削加工小件。

金属型锻造：将液态合金浇入金属铸型，以获得铸件一种锻造办法。有永久锻造之称。

金属型可分为整体式，垂直分型式 水平分型式和复合分型式。

重要合用于有色合金锻造件大批量生产。

压力锻造：压铸，是有高压下迅速发将液态或半液态合金压入金属铸型，并在压力下结晶。

(金属型垂直分型), 有动侧和静侧。

长处: 1、铸件精度及表面质量较其他锻造办法均高。2、可压铸出形状头复杂或镶嵌件。3、铸件强度和硬度都罗高。4、压铸生产率比其他锻造办法均高。

低压锻造: 介于重力锻造和压力锻造之间一种锻造办法。它是使液态合金在压力下, 自下而上地充填型腔, 并在压力下结晶, 以形成铸件工艺过程。压力较低。(倒置填充)

特点: 1、充型压力和速度便于控制, 帮可适应各种钟铸型, 由于充型平衡, 冲刷力小, 且液流气流方向一致, 故气孔夹渣等缺陷较少。2、组织致密, 机械性能较高, 气密性好。3、省去补缩互换机口, 使金属运用率提高。4、提高了充型能力, 有助于形成轮廓清晰表面光洁铸件, 对大型薄壁件锻造尤为有利。

离心锻造: 将液态合金浇入高速放置铸型中, 使金属液在离心力作用下充填铸型并结晶。

重要生产圆筒形铸件。离心锻造机可分为立式和卧式两大类。

长处: 1、省去型芯, 省工料降成本。2、由外向内顺序凝固, 组织致密, 缩孔气孔夹渣少。3、充型力强, 便于流动性差合金及薄件生产。4、便于制造双金属铸件。

陶瓷型锻造: 是在砂型锻造和熔模锻造基本上发展起来一种精密锻造办法。

工艺环节: 模型 砂套造型 灌浆与胶结 喷烧 合箱 浇铸

磁型锻造: 气化模 造型(埋箱) 激磁浇注 落丸。

铸件设计时, 必要考虑下列问题:(与砂型锻造工艺关系)

- 1、铸件外形应便于取出模型 1) 避免外部侧突 2) 分型面尽量平直 3) 科长凸台筋条设计简化。
- 2、合理设计铸件内腔 1) 节约型芯设计 2) 便于型芯固定排气和铸件清理
- 3、铸件构造斜度

铸件设计时, 考虑(与合金锻造性能关系)

- 1、合理设计铸件壁厚 2、铸件壁厚应尽量均匀 3、铸件壁联接 1) 构造圆角 2) 避免锐角联接 3) 厚挨个壁间联接要逐渐过度 4、防裂筋应用。5、减缓筋幅收缩阻碍。

不同锻造 办法对铸件构造有不同规定。**设计时应区别考虑:**

熔模锻造：1、便于从压型 中取出蜡模和型芯 2、为便于浸渍涂料和撒砂，孔槽不适当过小或过深。3、壁厚应尽量满足顺序凝固规定，不要有分散热节，以便能用浇口进行补缩。4、避免大平面 5、壁厚不适当过薄。

金属型铸件：1、铸件应能顺利地出型，成应便于金属型 芯抽出。2、铸件壁厚差别不能太大，以防浮现综合松或裂纹。3、为便于金属型芯安放及抽出，铸孔孔径不能过小过深 。

压铸件：1、尺寸消除侧凹和深腔 。无法避免状况下，也应便于抽芯，以便件能从压型 中顺利取出。2、壁厚和盘设计要合理。3、充分发挥镶嵌件优越性，以便制出复杂件，改进压铸件局部性能和简化装配工艺。

第三篇：压力加工

压力加工：运用金属在外力作用下所产生塑性变形，来获得具备一定形状，尺寸和机械性能原材料毛坯或零件生产办法。

压力加工基本生产方式：轧制 挤压 拉拔 自由锻 模锻 板料冲压

轧制：金属坯料在两个回转轧辊孔隙中受压变形，以区码得各种产品加工办法。

挤压：金属坯料在挤压受压被挤出模孔而变形加工办法。（正挤压和反挤压）凸模方向与出料方向。

拉拔：将金属坯料拉过拉拔模 模 孔而变形加工办法。

自由锻：金属坯料在上下抵铁间受冲击力或压力而变形。

模锻：金属坯料在具备一定形状锻模模膛内受冲击力或压力而变形。

板料冲压：金属板料在冲模 之间受压产生分离或变形。

加工硬化：随变形限度增大，硬度上升而塑性下降现象称为加工硬化。

回答：提高温度，原子获得热能，热运动加剧，使原子得以回答正常排列，消除了晶格扭曲，可使加工硬 化得到某些消除。这一过程称为“回答”。这时温度称为回答温度。 $T_{回}=(0.25-0.3) T_{溶}$ 。

再结晶：当温度继续升高到该金属熔点绝对温度 0.4 位时，金属原子获得更多热能，则开始以某些碎晶或杂质为核发心结晶是成新晶粒，从而消除了所有加工硬化现象。这个过程称为再结晶。这时温度称为再结晶温度。 $T_{再}=0.4T_{熔}$ 。

再结晶退火：在生产过程中，为了消除加工硬化，采用加热办法使金属发生再结晶，从而再次获得良好塑性。

再结晶温度以下变形叫冷变形。再结晶温度以上变形叫热变形。金属压力加工多采用热变形来进行。

纤维组织：铸锭在压力加工中产生塑性变形时，铸锭体金属晶粒形状和沿晶界分布杂质形状都发生了变形，它们将沿着变形方向被拉长，呈纤维形状，这种构造叫纤维组织。

纤维组织使金属在性能上具备了**方向性**。对金属变形后质量也有影响。纤维组织越明显，金属在纵向（平行纤维方向）塑性和韧性提高。而在横向（垂直纤维方向）塑性和韧性减少。

金属可锻性常用塑性和变形抗力来综合衡量。塑性越大，变形抗力越小，可锻性越好。

塑性：用金属截面收缩率 ψ 延伸率 δ 和冲击韧性 a_K 等来表达。 ψ δ a_K 越大或锻粗时在不产生裂纹状况下变形限度越大，塑性就越高。

变形抗力：在变形过程中金属抵抗工具作用力。

金属可锻性取决于金属本质和加工条件。

金属本质：1、化学成分：纯金属比合金好。钢中具有形成碳化物元素时，可锻性下降。2、金属组织影响：纯金属及回火组织（如奥氏体）可锻性好。碳化物（如渗碳体）可锻性差。

加工条件：1、变形温度影响 2、变形速度影响 3、应力状态影响：三个方向中压应力数目越多，塑性越好。

自由锻设备：锻锤 液压机

工序：基本工序 辅助工序 精整工序

锻件图：敷料 锻件余量 锻件公差

坯料质量：G 坯料=G 锻件+G 烧损+G 料头

锻件构造工艺性：1、避免锥体及斜面构造。2、几何体交接处不形成空间曲线。3、不设计加强筋 凸台 工字形截面或空间曲线形表面。4、横截面有急剧变化或形状较复杂时，应设计成由几种简单件构成组合体。

模锻按使用设备不同分为：锤上模锻 胎模锻 压力机上模锻。

模锻与自由锻相比较长处：1、生产率较高 2、模锻件尺寸精准加工余量小。3、或锻造出形状比较复杂锻件。

4、模锻生产可以比自由锻生产节约金属材料减少工工作量。

锤上模锻锻模： 模锻模膛（终锻模膛 预锻模膛）

制坯模膛（拔长模膛 滚压模膛 弯曲模膛 切断模膛）

制造模锻工艺规程：制定段件图 计算坯料尺寸 拟定模段工步 选取设备 安排修整工序

段件图：1、分模面 1）易取。2）沿分模面模膛轮廓一致。易发现错模 3）使敷料至少 4）最佳为平面

胎模锻：普通以采用自锥面 办法制坯，然后在胎模中最后成型。

胎模种类：扣模 筒模 合模 。

摩擦压力机上模锻特点：1、摩擦压力机滑块行程不固定，并具备一定冲击作用，因而可实现轻打重打，可在一种模膛内进行多次锻打。可以进行成型和各种校正工序。2、滑块运动速度低，金属变形过程中再结晶现象可以充分进行，特别适合于锻造低塑性合金钢和有色金属。3、打击速度不高，有顶料装置，由于模具设计制造得以简化。4、承受偏心力差，只合用单膛锻模。合用中小锻件小批中批。

曲柄压力机模锻：1、滑块行程一定，有良好导向和顶件机构，锻件公差余量和模锻斜度比锤上模锻小。2、静压力，模膛镶块式，组合模制造简朴更换容易节约费用。3、有顶件机构，可以对杆件头部进行局部镦粗 4、由于滑块行程一定，都是一次成型，氧化皮不易清，不适当拔长和滚压。5、一次成形金属变形量大，不易填满终锻模膛。

平锻机上模锻：1、加工范畴广 2、生产率高 3、节约金属 4、尺寸精准，表面粗糙度高 5、对非回转体及中心不对称难。

板料冲压特点：1、可以冲压出开头复杂零件，废料少。2、具胡足够高精度和较低表面粗糙度，互换性好。3、能获得质量轻，材料消耗少强度和风度较高零件 4、操作简朴，便于机械化和自动化，生产率高成本低。。

冲压生产基本工序：分离工序和变形工序。

落料冲孔（统称冲裁）凸凹模间隙：1、间隙过大或过小，都影响毛刺大小 2、间隙过小对延长模具使用寿命极为不利 3、间隙越大卸料力和推件力都越小。

凸凹模刃口尺寸拟定：1、设计落 料模时，应行先按落料件拟定凹模刃口尺寸，取凹模作设计基准件，然后依照间隙 Z 拟定凸模尺寸。2、设计冲孔模时，先按冲孔件拟定凸模刃口尺寸，取凸模作设计基准件，然后依照间隙 Z 拟定凹模尺寸。

冲模在工作过程中必然有磨损，落料件尺寸会随凹模刃口磨损而增大，而冲孔件尺寸则随凸模磨损而减小。

为提高模具使用寿命，落料时取凹模尺寸应接近落料件公差范畴内最小尺寸。而冲孔时，选取凸模刃口尺寸接近孔公差范畴内最大尺寸。

冲裁力： $P=kLS\tau$

P 冲裁力 N；L 冲裁周边长度 MM；S 坯料厚度； τ 抗剪强度 也可用 $0.8\sigma_b$ ； $k 1.3$

$$P=LS\sigma_b$$

落料件排样：无搭边排样和有搭边排样。

修整：是运用修整模沿冲裁件外缘或内孔刮削一薄层金属，以切掉普通冲裁时在冲裁件断面上存留剪裂带和毛刺。从而提高冲裁件尺寸精度和减少表面粗糙度。

切断：是入出境用剪刀或冲模将板料沿不封闭轮廓进行分离工序。

变形工序：是使坯料一某些相对于另一某些产生位移而不破裂工序。如拉深 弯曲 翻边 成型等。

拉深：运用模具使冲裁后得到平板毛坯变成开口空心零件工序。

拉深件拉裂因素 1、凸凹模圆角半径。 $R_{凹}=10S$ ； $r_{凸}=(0.6-1)r_{凹}$ 。这两个圆角半径过小，则容易拉裂产品。

2、凸凹模间隙 $Z=(1.1-1.2)S$ 。间隙过小，摩擦力增大，易拉裂零件 擦伤表面 减少模寿命。间隙过大，容易使拉深工件起皱，影响拉深件精度。3、**拉深系数**。拉深件 d 与坯料 D 之比称为拉深系数，用 m 表达，即 $m=d/D$ 拉深系数越小，表明拉深件直径越小，变形限度越大，坯料被拉入凹模越困难。普通状况下，拉深系数 m 不不大于 0.5-0.8，坯料塑性差按上限选用。

多次拉深：如果拉深系数过小，不能一次拉深成形时，则可采用多次拉深工艺。过程中，必然产生加工硬化现象。为保证坯料具备足够塑性，生产中坯料通过一两次拉深后，应安排工序间退火解决。另一方面，在多次拉深中，拉深系数应一次比一次略大些，保证拉深件质量和使生产顺利进行。总拉深系数有等于每次拉深系数乘积。

起皱：可以用压边圈办法解决。起皱与毛坯相对厚度 (t/D) 和拉深系数有关。相对系数越小，拉深系数越小，越容易起皱。

毛坯尺寸：毛坯尺寸按拉深先背面积不变原则进行。

及拉深力拟定： $P_{max}=3(\sigma_b + \sigma_s)(D-d-r)S$

弯曲：坯料一某些相对于另一某些弯曲成一定角度工序。

为了防止拉裂，曲半径 $r_{min}=(0.25-1)S$ 。

为了防止回弹，在设计弯曲模时必要使模具角度比成品件角度小一弹角。

翻边：在带孔平坯料上用扩孔办法获得凸缘工序。凸模圆角半径 $r_{凸}=(4-9)S$ 。

冲模分类：简单冲模 连续模和复合模。

简单冲模：冲床一次冲程中只完毕一种工序冲模。

连续冲模：冲床一次冲程中，在模具不同部位上同步完毕数道 冲压工序模具。

复合冲模：冲床一次冲程中，在模具同一部位上同步完毕数道冲压工序模具。

板料冲压件构造工艺性

对落料和冲孔件规定 1、落料件外形和冲孔件孔形应力求简单对称，尽量采用圆形或方形等规则形状，并应使在排样时有也许将废料减少到最小程序。2、孔及其关于尺寸：冲圆孔时孔径不得不大于材料厚度 S 。方孔每边长不得不大于 $0.9S$ ，孔与孔间，孔与工件边沿间距离不得不大于 S ，外缘凸出或凹进尺寸不得不大于 $1.5S$ 。3、冲孔件或落料件上直线与曲线与直线交接处应使用圆弧连接。

对弯曲件规定 1、弯曲件形状应尽量对称，弯曲半径不能不大于材料容许最小弯曲半径，并应考虑材料纤维方向，以免成形过程中弯裂。2、弯曲边过短不易弯成形，故应使弯曲边平起码某些 H 不不大于 $2S$ 。如果规定 H 很短，则需先冲出恰当余量以增大 H ，弯好后再切去多余材料。3、弯曲带孔件时，为避免孔变形，孔位置应 L 不不大于 $1.5-2S$ 。

对拉深件规定 1、对拉深件外形应简单对称，且不适当太高。2、拉深件圆角半径在不增长工艺程序状况下，最小允许半径有规定。

压力加工先进工艺特点 1、尽量使锥面压件形状接近零件形状，以便达到少无屑加工目，从而可以节约原材料和切削加工工作量。同步得到合理纤维组织，提高零件机械性能和使用性能。2、具备更高生产率 3、减小变形力，可以在较小压力下

设备上制造出大锻件。4、广泛采用电加热和少氧化无氧化加热，提高锻件表面质量改进劳动条件。

压力加工先进工艺举例：精密模锻 零件轧制 零件挤压 超塑性成形 摆动辗压等

精密模锻：在模锻设备上锻造出形状复杂锻件精度高模锻工艺。

精密模锻工艺特点：1、精准计算原始坯料尺寸，严格按坯料质量下料，否则会增大锻件尺寸公差，减少精度。2、精细清理坯料表面除净坯料表面氧化皮，脱碳层及其他缺陷。3、为提高锻件尺寸精度和减少表面，应采用无氧化或少氧化加热法，尽量减少坯料表面形成氧化皮。4、锻模料请一部比锻件精度高两级。精锻模有导柱导套构造，凹模上开有排气小孔。5、模锻时要较好进行润滑和冷却锻模 6 精密模锻普通都在刚度大精度高模锻设备上进行。

零件挤压：使坯料在掠夺筒中受强大压力作用而变形加工办法。

特点：1、挤压时钓饵矢志不渝够处在三向受压状态下变形，因而它可提高金属坯料塑性。2、可以各种形状复杂深孔挨个壁异型断面零件。3、零件精度高，表面低。4、提高了零件机械性能。5、节约原材料，材料运用率可达 70%。生产率也很高。

分类：按金属流动方向与凸模运动方向可分正挤压反挤压复合挤压径向挤压；按金属所具备温度不同，分为热挤压温挤压和冷挤压。

零件轧制：依照轧辊轴线与坯料轴线文峰不同，轧制分为纵轧，横轧 斜轧 和楔横轧等几种。

纵轧：轧辊轴线与坯料轴线互相垂直轧制办法。涉及各种型材轧制，辊锻轧制 辗环轧制。

横轧：轧辊轴线与坯料轴线互相平等轧制办法。

斜轧：亦称螺旋斜轧。是轧辊轴线与坯料吟风弄月线相交一定角度轧制办法。

楔横轧：运用两个外表面镶有楔形凸块并作同向放置平行轧辊对沿轧辊轴向送进行坯料进行轧制办法。

楔形凸块由三某些构成：楔入某些 展宽某些和精整某些。可分为两辊三辊板式和弧形楔横轧四种。

楔横轧长处：1、生产效率高 2、产品精度高。3、产品质量好，机械性能高 4、节约材料 5、设备投资少 模具寿命高。6、无冲击噪音小易实现机械化。

超塑性是金属或合金在特定条件下，即低形变速率一定变形温度和均匀细晶粒度，其相对延伸率超过 100%以上特性。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/688056032026006100>