

名词解释

临界转速 机械研磨时，使球磨筒内小球沿筒壁运动能够正好经过顶点位置而不发生抛落时，筒体的转动速度

比外表积 单位质量或单位体积粉末具有的外表积(一克质量或一定体积的粉末所具有的外表积与其质量或体积的比值称为比外表积)

二次颗粒 由多个一次颗粒在没有冶金键合而结合成粉末颗粒称为二次颗粒

离解压 每种金属氧化物都有离解的趋势，而且随温度提高，氧离解的趋势越大，离解后的氧形成氧分压越大，离解压即是此氧分压。

电化当量 这是表述电解过程输入电量与粉末产出的定量关系，表达为每96500库仑应该有一克当量的物质经电解析出

气相迁移 细小金属氧化物粉末颗粒由于较大的蒸气压，在高温经挥发进入气相，被复原后沉降在大颗粒上，导致颗粒长大的过程

真密度 颗粒质量用除去开孔和闭孔的颗粒体积除得的商值。真密度实际上就是粉末的固体密度

似密度 又叫有效密度，颗粒质量用包括闭孔在内的颗粒体积去除得的

相对密度 粉末或压坯密度与对应材料理论密度的比值百分数

松装密度 粉末在规定条件下自然填充容器时，单位体积内的粉末质量，单位为 g/cm³

比形状因子 将粉末颗粒面积因子与体积因子之比称为比形状因子

压坯密度 压坯质量与压坯体积的比值

相对体积 粉末体的相对密度 ($d = \rho / \rho_{理}$) 的倒数称为相对体积，用 $\beta = 1/d$ 表示

粒度分布 将粉末样品分成假设干粒径，并以这些粒径的粉末质量 (颗粒数量、粉末体积) 占粉末样品总质量 (总颗粒数量、总粉末体积) 的百分数对粒径作图，即为粒度分布；(一定体积或一定重量 (一定数量) 粉末中各种粒径粉末体积 (重量、数量) 占粉末总量的百分数的表达称为粒度分布)

粉末加工硬化 金属粉末在研磨过程中由于晶格畸变和位错密度增加，导致粉末硬度增加，变形困难的现象称为加工硬化

雾化法 利用高速气流或高速液流将金属流 (其它物质流) 击碎制造粉末的方法

二流雾化 由雾化介质流体与金属液流构成的雾化体系称为二流雾化

快速冷凝 将金属或合金的熔液快速冷却 (冷却速度 $> 10^5$ °C/s)，保持高温相、获得性能奇异性质的粉末和合金 (如非晶、准晶、微晶) 的技术，是传统雾化技术的重要开展

假合金 两种或两种以上金属元素因不是根据相图规律、不经形成固溶体或化合物而构成的合金体系，假合金实际是混合物

保护气氛 为防止粉末或压坯在高温处理过程发生氧化而向体系参加复原性气体或真空条件称为保护气氛

压制性 粉末压缩性与成形性的总称

成形性 粉末在经模压之后保持形状的能力，一般用压坯强度表示

压缩性 粉末在模具中被压缩的能力称为压缩性，一般用压坯密度表示

粉末粒度 一定质量 (一定体积) 或一定数量的粉末的平均颗粒尺寸成为粉末粒度

粉末流动性 50 克粉末流经标准漏斗所需要的时间称为粉末流动性。

临界转速 机械研磨时，使球磨筒内小球沿筒壁运动能够正好经过顶点位置而不发生抛落时，筒体的转动速度；

孔隙度 粉体或压坯中孔隙体积与粉体表现体积或压坯体积之比；

标准筛 用筛分析法测量粉末粒度时采用的一套按一定模数 (根号 2) 制备的金属网筛

弹性后效 粉末经模压推出模腔后，由于压坯内应力弛豫，压坯尺寸增大的现象称作

单轴压制 在模压时，包括单向压制和双向压制，压力存在压制各向异性

密度等高线 粉末压坯中具有相同密度的空间连线称为等高线，等高线将压坯分成具有不同密度的区域

混合	混合系指将不同成分的粉末混合均匀的过程
合批	具有相同化学成分，不同批次生产过程得到的粉末的混合工序称为合批
雾化介质	雾化制粉时，用来冲击破碎金属流柱的高压液体或高压气体称为雾化介质
活化能	发生物理或化学反响时，形成中间络合物所需要的能量称为活化能
平衡常数	在某一温度、某一压力下，反响到达平衡时，生成物气体分压与反响物气体分压之比称为平衡常数
电化当量	克当量与法拉第常数之比称为电化当量（这是表述点解过程输入电量与粉末产出的定量关系，表达为每 96500 库仑应该有一克当量的物质经电解析出）
闭孔隙	粉末颗粒中由质体包围、且不同外界连通的孔隙
比形状因子	粉末颗粒面积形状因子与体积形状因子之比称为比形状因子
气相迁移	细小金属氧化物粉末颗粒由于较大的蒸气压，在高温经挥发进入气相，被复原后沉降在大颗粒上，导致颗粒长大的过程
溶解析出	物质通过固溶性质，固相物质经由固溶进入液相，形成饱和固溶体后继而析出，进行物质迁移的过程
露点	在标准大气压下，气氛中水蒸汽开始凝结的温度，是其中水蒸汽与氢分压比的量度
烧结	烧结是指粉末或压坯在低于主要组分熔点的温度下借助于原子迁移实现颗粒间联结的过程。
烧结驱动力	烧结过程中驱使原子定向迁移的因素
热等静压	把粉末压坯或把装入特制容器内的粉末体在等静高压容器内同时施以高温和高压，使粉末体被压制和烧结成致密的零件或材料的过程
冷等静压	室温下，利用高压流体静压力直接作用在弹性模套内的粉末体的压制方法
团粒	由单颗粒或二次颗粒依靠范德华力粘结而成的聚集颗粒
活化烧结	系指能降低烧结活化能，使体系的烧结在较低的温度下以较快的速度进行、烧结体性能得以提高的烧结方法。（采用化学或物理的措施，使烧结温度降低、烧结过程加快，或使烧结体的密度和其它性能得到提高的方法称为活化烧结）
强化烧结	是泛指能够增加烧结速率，或能够强化烧结体性能（合金化或抑制晶粒长大）的所有烧结过程
复原终点	浮斯体复原成海绵铁和海绵铁开始渗碳过程之间的转折点
Ostwald 熟化	由溶解-再析出过程造成的晶粒长大现象
挥发-沉积	氢中水分子与钨氧化物反响生成挥发性的水合物， $WOX + H_2O \rightarrow WOX \cdot nH_2O(g) \uparrow$ ，气相中的钨氧化物被氢复原沉积在钨颗粒上，导致 W 颗粒长大
碳势	某一含碳量的材料在某种气氛中烧结时既不渗碳也不脱碳，以材料中的碳含量表示气氛的碳势
内摩擦	粉末颗粒之间的摩擦
外摩擦力	粉末颗粒与模具（阴模内壁、模冲、芯棒）之间的因相对运动而出现的摩擦
制粒	借助于聚合物的粘结作用将假设干细小颗粒形成一团粒，减小团粒间的摩擦力，大幅度降低颗粒运动时的摩擦面积，增大运动单元的动力的过程
拱桥效应	（搭桥）颗粒间由于摩擦力的作用而相互搭架形成拱桥孔洞的现象
脱模压力	使压坯从模中脱出所需的压力，与坯件的弹性模量，残留应变量即弹性后效及其与模壁之间的摩擦系数直接相关
温压	系指粉末与模具被加热到较低温度（一般为 150℃）下的刚模压制方法
注射成形技术	一种从塑料注射成形行业中引伸出来的新型粉末冶金近净成形技术，将粉末与热塑性材料均匀混合使成为具有良好流动性能（在一定温度下）的流态物质，而后把这种流态物在注射成形机上经过一定的温度和压力，注入模具内成形
挤压超前现象	在挤压筒的径向上，愈靠近模壁受阻力越大，愈接近中心受阻力愈小。结果中心部位的挤压物料的流动速度比外层挤压物料的流动速度快，这种现象称为超前现象
外表扩散	球外表层原子向颈部扩散。

蒸发-凝聚	外表层原子向空间蒸发，借蒸汽压差通过气相向颈部空间扩散，沉积在颈部。
体积扩散	借助于空位运动，原子等向颈部迁移。
粘性流动	非晶材料，在剪切应力作用下，产生粘性流动，物质向颈部迁移。
塑性流动	烧结温度接近物质熔点，当颈部的拉伸应力大于物质的屈服强度时，发生塑性变形，导致物质向颈部迁移。
晶界扩散	晶界为快速扩散通道。原子沿晶界向颈部迁移。
位错管道扩散	位错为非完整区域，原子易于沿此通道向颈部扩散，导致物质迁移。
单元系粉末烧结	纯金属、固定化学成分的化合物和均匀固溶体的粉末烧结体系，是一种简单形式的固相烧结。（单元系烧结是指纯金属或有固定化学成分的化合物或均匀固熔体在固态下的烧结，过程不出现新的组成物或新相，也不发生凝聚状态的变化（不出现液相），故也称为单相烧结）
多元系固相烧结	由两种以上的组元（元素、化合物、合金、固溶体）在固相线以下烧结的过程
液相烧结	烧结温度高于烧结体系低熔组分的熔点或共晶温度的多元系烧结过程，即烧结过程中出现液相的粉末烧结过程统称为液相烧结
瞬时液相烧结	在烧结中、初期存在液相，后期液相消失。烧结中初期为液相烧结，后期为固相烧结。
稳定液相烧结	烧结过程始终存在液相。
熔浸	多孔骨架的固相烧结和低熔点金属渗入骨架后的液相烧结过程。前期为固相烧结，后期为液相烧结。全致密合金如 W-Cu 等。
超固相线液相烧结	液相在粉末颗粒内形成，是一种在微区范围内较普通液相烧结更为均匀的烧结过程
马塞哥尼效应	溶质浓度的变化导致液体外表张力的不同，产生液相流动的现象
润湿性	液相对固相颗粒的外表润湿情况，由固、液相的外表张力（比外表能） γ_s 、 γ_l 以及两相的界面张力（界面能） γ_{sl} 所决定
热压	又称为加热烧结，是把粉末装在模腔内，在加压的同时使粉末加热到正常烧结温度或更低一点，经过较短时间烧结成致密而均匀制品
Orowan 强化（位错绕过质点机制）	弥散质点导致基体中位错线产生一定程度的弯曲，阻碍位错运动。 当位错线通过弥散质点以后，合金发生屈服
机械合金化	借助于机械和物理活化使基体与合金元素间的合金化和弥散粒子分布均匀
弥散强化	由于弥散质点的存在而导致材料强化的现象，实质是弥散质点阻碍基体中位错运动
纤维增强	将高强度和高模量的纤维参加到基体中，复合材料强度大幅度提高的现象
氢损值	金属粉末的试样在纯氢气中煅烧足够长时间，粉末中的氧被还原成水蒸气，某些元素与氢生成挥发性的化合物，与挥发性金属一同排除，测得试样粉末的相对质量损失，称为氢损。其值可用下式表示： $(A-B)/(A-C) \times 100\%$ ，其中 A-粉末试样（5g）加烧舟质量，B-氢中煅烧后剩余物加烧舟质量，C-烧舟质量
蓝钨	蓝钨是不掺杂钨粉和掺杂钨粉生产的原料，经煅烧仲钨酸铵而制得，是一种无确定成分的化合物，可描述为 $(NH_4)_xH_yWO_3$
水静压力	等静压制中的水作用在粉末体中，粉末体受到的各个方向上相等的压力

分析题

1、粉末冶金技术有何重要优缺点，并举例说明。

答：重要优点：

- ①能够制备局部其他方法难以制备的材料，如难熔金属、假合金、多孔材料、特殊功能材料（硬质合金）；
- ②因为粉末冶金在成形过程采用与最终产品形状非常接近的模具，因此产品加工量少而节省材料；
- ③对于一局部产品，尤其是形状特异的产品，采用模具生产易于，且工件加工量少，制作本钱低，如齿轮产品。

重要缺点：

- ①由于粉末冶金产品中的孔隙难以消除，因此粉末冶金产品力学性能较相同铸造加工产品偏低；
 - ②由于成形过程需要模具和相应压机，因此大型工件或产品难以制造；
 - ③规模效益比拟小
- 〔优点：材料利用率高，加工本钱较低，节省劳动率，可以获得具有特殊性能的材料或产品，
缺点：由于产品中孔隙存在，与传统加工方法相比，材料性能较差
例子：铜—钨假合金制造，这是用传统方法不能获得的材料〕

2、分析粉末冶金过程中是哪一个阶段提高材料利用率，为什么？试举例说明。（10分）

解：

粉末冶金过程中是由模具压制成形过程提高材料利用率，因为模具设计接近最终产品的尺寸，因此压坯往往与使用产品的尺寸很接近，材料加工量少，利用率高；例如，生产汽车齿轮时，如用机械方法制造，工序长，材料加工量大，而粉末冶金成形过程可利用模具成形粉末获得接近最终产品的形状与尺寸，与机械加工方法比拟，加工量很小，节省了大量材料。

3、气体雾化制粉过程可分解为几个区域，每个区域的特点是什么？

答：气体雾化制粉过程可分解为金属液流负压紊流区，原始液滴形成区，有效雾化区和冷却凝固区等四个区域。其特点如下：

金属液流紊流区：金属液流在雾化气体的回流作用下，金属流柱流动受到阻碍，破坏了层流状态，产生紊流；

原始液滴形成区：由于下端雾化气体的冲刷，对紊流金属液流产生牵张作用，金属流柱被拉断，形成带状—管状原始液滴；

有效雾化区：因高速运动雾化气体携带大量动能对形成带状—管状原始液滴的冲击，使之破碎，成为微小金属液滴；

冷却区凝固区：此时，微小液滴离开有效雾化区，冷却，并由于外表张力作用逐渐球化。

4、分析为什么要采用蓝钨作为复原制备钨粉的原料？（5分）

答：采用蓝钨作为原料制备钨粉的主要优点是

①可以获得粒度细小的一次颗粒，尽管二次颗粒较采用 W03 作为原料制备的钨粉二次颗粒要大。

②采用蓝钨作为原料，蓝钨二次颗粒大，（一次颗粒小），在 H2 中挥发少，通过气相迁移长大的时机降低，获得 W02 颗粒小；在一段复原获得 W02 后，在干氢中高温进一步复原，颗粒长大不明显，且产量高。

5、分析粉末粒度、粒度分布、粉末形貌与松装密度之间的关系。

答：松装密度是粉末在规定条件下自然填充容器时，单位体积内的粉末质量，它是粉末的一个重要物理性能，也是粉末冶金过程中的重要工艺参数，粉末粒度、粉末形状及形貌对松装密度影响显著：

①粉末平均粒度越小，粉末形貌越复杂，粉末颗粒之间以及粉末外表留下空隙越大，松装密度越小；

②粉末平均粒度越小，粉末形貌越复杂，粉末颗粒之间的运动摩擦阻力越大，流动性越差，松装密度越小。

③粉末质量（粉末颗粒中孔隙因素）越小、松装密度越小

④在局部较大直径的粉末中参加少量较小粒径的粉末，构成一定粒度分布，有利于提高松装密度

6、熔体粘度，扩散速率，形核速率，以及固相长大速率都与过冷度相关，它们各自对雾化粉末显微结构的作用如何？提示： $I = I_0 D^2 \exp(-Q_L/kT) \exp\{-W_M/(T \Delta T^2)\}$

答：

1) 形核率是过冷度的函数，在一定过冷度内（形核控制区内），过冷度越大第二个指数项越大，形核速率增加；形核速率 I 与过冷度 ΔT 之间的关系如下，过冷度与形核速率为负指数关系，

$$I = I_0 D^2 \exp(-Q_L/kT) \exp\{-W_M/(T \Delta T^2)\}$$

过冷度太大（扩散控制区内），原子排列时间不够，形核率降低

2) 将上式变形

$$I/D^2 = I_0 \exp(-Q_L/kT) \exp\{-W_M/(T \Delta T^2)\}$$

晶粒直径与过冷度成正指数关系，增加过冷度，晶粒尺寸越小

3) 通常地，过冷度越大，原子扩散速度越小，晶粒尺寸越小

4) 通常地, 温度越高, 熔体黏度越小, 过冷度大, 溶体黏度变化梯度大, 外表张力作用时间短, 颗粒多呈不规则形状。

7 、气体雾化制粉过程中, 有哪些因素控制粉末粒度?

解:

二流之间的夹角, 夹角越大, 雾化介质对金属流柱的冲击作用越强, 得到的粉末越细;
采用液体雾化介质时, 由于质量大于气体雾化介质, 携带的能量大, 得到的粉末越细;
金属流柱直径小, 获得粉末粒度小;
金属温度越高, 金属熔体黏度小, 易于破碎, 所得粉末细小;
介质压力大, 冲击作用强, 粉末越细

8 、用比外表吸附方法测试粉末粒度的根本原理是什么?

解:

粉末由于总外表积大, 外表原子力场不平衡, 对气体具有吸附作用, 在液氮温区, 物质对气体的吸附主要为物理性质的吸附 (无化学反响), 经数学处理, 假设知道吸附的总的气体体积, 换算成气体的分子数, 在除以一个气体分子的体积, 即获得粉末的外表积, 通常采用一克粉末进行测量, 因此我们将一克质量粉末所具有的外表积定义为比外表积, 当我们知道了总外表积数值后, 可以假设粉末为球形, 然后根据球当量直径与外表积的关系 (形状因子), 获得粉末平均粒径。为了尽量获得准确的测量数据, 被吸附的气体通常是惰性气体。这样一种由测量一定质量粉末总外表积, 然后计算粉末平均粒度的方法, 就是通过测试粉末比外表积, 计算粉末粒度的根本原理。

9、分别分析单轴压制和等静压制的差异及应力特点, 并比拟热压与热等静压的差异。

解:

单轴压制和等静压制的差异在于粉体的受力状态不同, 一般单轴压制在刚模中完成, 等静压制那么在软模中进行; 在单轴压制时, 由于只是在单轴方向施加外力, 模壁侧压力小于压制方向受力, 因此应力状态各向异性, $\sigma_1 \gg \sigma_2 = \sigma_3$ 导致压坯中各处密度分布不均匀; 等静压制时由于应力均匀来自各个方向, 且通过水静压力进行, 各方向压力大小相等, 粉体中各处应力分布均匀, $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ 因此压坯中各处的密度根本一致。

10 、分析复原制备钨粉的原理和钨粉颗粒长大的因素。

解:

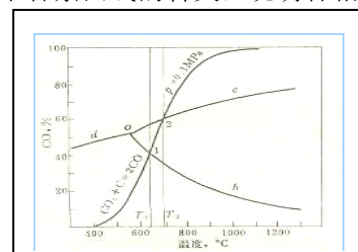
钨粉由氢气复原氧化钨粉的过程制得, 复原过程中氧化物自高价向低价转变, 最后复原成钨粉, $WO_3 \rightarrow WO_2 \rightarrow W$; 其中还有 $WO_2 \cdot 90 \rightarrow WO_2 \cdot 72$ 等氧化物形式。由于当温度高于 550 度时, 氢气即可复原 WO_3 , 由于当温度高于 700 度时, 氢气即可复原 WO_2 。因为在这种条件下水分子的氢离解压小于 WO_3 , WO_2 离解压, 水分子相对稳定, WO_3 , WO_2 被复原, 同时由于温度的作用, 疏松粉末中复原产物容易经扩散排走, 复原动力学条件满足, 导致氧化钨被氢气复原;

由于 WO_3 和 WO_2 在含有水分子的氢气中具有较大的挥发压, 而且复原温度越高, 挥发压越大, 进入气相中的氧化钨被复原后, 沉降在以复原的钨粉颗粒上导致钨粉颗粒长大。粉末在高温区停留的时间长也会因原子迁移致使钨粉颗粒长大。氢气湿度大, 导致 WO_3 和 WO_2 细颗粒进入气相, 也是导致钨粉颗粒长大的重要因素。

11、碳直接复原氧化铁制备铁粉时热力学条件如下图, 说明图中各条曲线的含义, 说明各相稳定存在区域并讨论氧化亚铁复原成铁粉的条件。

解:

- b 曲线: Fe_3O_4 被复原成 FeO 的反响平衡曲线;
- c 曲线: FeO 被复原成 Fe 的反响平衡曲线;



d 曲线: Fe₃O₄ 被复原成 Fe 的反响平衡曲线。

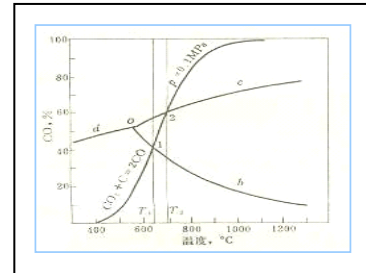
与 b、c 相交的曲线为碳氧化反响的平衡曲线

在 do, oc 线以上 Fe 稳定存在; do, ob 线以下局部 Fe₃O₄ 稳定存在, 在 ob、oc 线之间 FeO 稳定存在; 只有当温度高于碳的氧化反响平衡曲线与 FeO 被复原成 Fe 的反响平衡曲线的焦点温度时气相中的 CO 百分含量〔浓度〕才能使 FeO 被复原成 Fe; 即温度高于 680 °C, CO 的百分含量超过 61%。

12、固体碳复原铁粉时, 气体平衡条件如下图, 分析图中各区域的含义, 个线段含义和 1、2、3、4、5、6 点的含义。

答: 固体碳复原平衡气相图有两局部叠加而成: 固体碳气化反响和氧化铁复原-氧化平衡反响。

固体碳气化反响在表示固体碳氧化形成 CO 和 CO₂ 的气相组成随温度变化的情况, 氧化铁复原-氧化平衡反响指各种温度下反响平衡条件、气氛组成的要求。图中的曲线对应的平衡状态, 改变气体组成, 或持气体组成。改变温度, 都会破坏平衡条件, 结果是或氧化, 或复



度对保原

13、什么是假合金, 怎样才能获得假合金?

解:

两种或两种以上金属元素因不经形成固溶体或化合物构成合金体系通称为假合金, 是一种混合物;

假合金形成的条件是形成混合物之后两种物质之间的界面能, 小于他们单独存在时的外表能之和, 即 $\gamma_{AB} < \gamma_A + \gamma_B$

14、为什么采用环缝形喷嘴容易引起露嘴堵塞, 采用什么方法可以解决这一问题?

解:

当采用环缝形喷嘴时, 由于锥型的气流形成密闭的空间, 导致金属流柱下流受阻, 而堵塞喷嘴. 采用 v 型喷嘴可以解决这一问题。

15、化学反响活化能的意义是什么, 并用图形表达? 对于一级化学反响, 如何计算活化能?

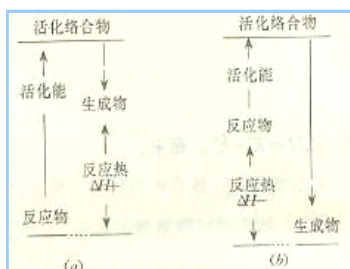
答:

化学反响活化能指由反响物经化学反响成为生成物时, 反响过程应经由中间络合物形成, 再成为生成物。反响过程能位变化是: 中间络合物能位高于生成物能位 (内能), 如果生成物能位高于反响物能位, 那么为吸热反响; 如果生成物能位低于反响物能位, 那么为放热反响。对于吸热反响, 提高温度有利于反响正向进行, 反响平衡曲线下行; 对于放热反响, 提高温度不利于反响正向进行, 反响平衡曲线上行。

一级化学反响的活化能可根据阿鲁尼乌斯方程计算。

a 吸热反响

b 放热反响



16、Fsss 和 BET 方法都能测量粉末比外表积, 为什么 Fsss 只能测得二次颗粒直径, 而 BET 能测一次颗粒直径?

答:

BET 方法是根据气体分子外表吸附总量, 即气体吸附前后压力变化, 来计算和测量粉末总外表积, 然后根据外表积与颗粒 (等效球形) 换算后得到;

FSSS 测试原理是粉末体中空隙构成毛细管对气体分子阻力（压力降）来测得，毛细管孔壁可视为粉末外外表积，体中空隙构成毛细管为气体分子有效流经管道，一次颗粒间的间隙通常为开孔孔道，一端可能封闭，气体不能流通，因此该局部难以测试和计算在内。

17、雾化过程为何可以有效控制金属粉末显微结构，怎样才能获得球形度很好的金属粉末？

答：

- 1) 雾化过程粉末冷却速度快，粉末成分来不及偏析，冷却的粉末可以保存均匀的成分结构。
- 2) 雾化过程粉末粒度可以控制，冷却过程结晶时枝晶生长尺寸非常有限，因此粉末结构比拟均匀，同时调节雾化参数，可以控制颗粒大小、形状、冷却速率，金属粉末的显微结构也可以控制；
- 3) 雾化过程影响粉末球形度的主要因素有过冷度、冷却时间、金属溶液外表张力。过冷度大，冷却时间长，外表张力大，外表张力作用时间长，有利于获得球形度很好的粉末。

18、分析烧结时形成连通孔隙和闭孔隙的条件。

答：

开孔： $P_s = P_v - \gamma / \rho$

P_s 仅是外表张应力 $(-\gamma / \rho)$ 中的一局部，因为气体压力 P_v 与外表张应力的符号相反。当孔隙与颗粒外表连通即开孔时， P_v 可取 1atm，只有当烧结颈 ρ 长大，外表张力减小到与 P_v 平衡时，烧结收缩停止

闭孔： $P_s = P_v - 2\gamma / r_{孔}$ $r_{孔}$ ：孔隙半径

$-2\gamma / r_{孔}$ 表示作用在孔隙外表使孔隙缩小的张应力。当孔隙收缩时，气体假设来不及扩散出去，形成闭孔隙。如果张应力大于气体压力 P_v ，孔隙继续收缩。 P_v 大到超出外表张力时，隔离孔隙停止收缩

19、试推导烧结颈部处烧结驱动力。

答：

$$F_x = \gamma \overline{AD} = \gamma \overline{BC}$$

$$F_\rho = \gamma \overline{AB} = \gamma \overline{DC}$$

$$\overline{AD} = \rho \sin \theta$$

$$\overline{AB} = x \sin \theta \quad \sin \theta \approx \theta$$

$$F_x = \gamma \rho \theta \quad F_\rho = -\gamma \rho \theta$$

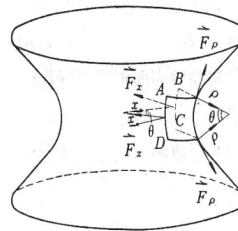


图 5-2 烧结颈模型

垂直于面 ABCD 的合力为，应力：

$$F = 2 \left(F_x + F_\rho \right) = 2 \left(F_x \sin \theta / 2 + F_\rho \sin \theta / 2 \right) = \gamma \theta^2 (\rho - x)$$

$$\sigma = \frac{F}{x \rho \theta^2} = \frac{\gamma \theta^2 (\rho - x)}{x \rho \theta^2}$$

$$= \gamma \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{\rho} \right) \quad x \gg \rho \quad (5-1)$$

$$\sigma = -\frac{\gamma}{\rho} \quad (5-2)$$

σ 是张力，效果为使烧结颈扩大

20、致密材料或高密度低孔隙材料的应力集中因子、断裂强度与裂纹尺寸之间是何种关系？

答：

1) 应力集中因子与裂纹尺寸之间的关系：

$$\sigma_{\max} = \sigma_{\text{表观}} (1 + 2a/b) \quad a: \text{裂纹长半轴} \quad b: \text{裂纹短半轴}$$

$$\text{应力集中因子: } I = (1 + 2a/b) = \sigma_{\max} / \sigma_{\text{表观}}$$

2) 断裂强度与裂纹尺寸之间的关系：

$$\sigma_f = (2\gamma E / \pi a)^{1/2} \quad \gamma: \text{比外表能} \quad E: \text{弹性模量} \quad a: \text{裂纹尺寸}$$

21、在哪些情况下需要向粉末中添加成形剂？为什么？

答：

- (a) 硬质粉末，由于粉末变形抗力很高，无法通过压制所产生的变形而赋予粉末坯体足够的强度，一般采用添加成形剂的方法以改善粉末成形性能，提高生坯强度，便于成形。橡胶、石蜡、PEG、PVA 等。
- (b) 流动性差的粉末、细粉或轻粉（填充性能不好，自动成形不好，影响压件密度的均匀性）。添加成形剂能适当增大粉末粒度，减小颗粒间的摩擦力。

22、在粉末刚性模压制过程中，通常存在哪两种摩擦力？哪种摩擦力会造成压坯密度分布？而在 CIP 中的情况又如何？

答：

性模压制过程中，通常存在外摩擦力和内摩擦力，其中外摩擦力会造成压坯密度分布不均匀，CIP 中不存在外摩擦力。

23、为什么作用在烧结颈外表的拉应力随着烧结过程的进行而降低？

答：

$$\sigma = -\gamma / \rho$$

作用在颈部的张应力指向颈外，导致烧结颈长大，孔隙体积收缩。与此同时，随着烧结过程的进行，烧结颈扩大， $|\rho|$ 的数值增大，烧结驱动力逐步减小。

24、比拟羟基铁粉、复原铁粉、水雾化铁粉与气雾化铁粉的颗粒形状的球形度差异，简述其原因？

答：

球形度：与颗粒相同体积的相当球体的外表积对颗粒的实际外表积之比称为球形度。它不仅表征了颗粒的对称性，而且与颗粒的外表粗糙程度有关。一般情况下，球形度均远小于 1。球形度的倒数称粗糙度。颗粒外表有凹陷、缝隙和台阶等缺陷均使颗粒的实际外表积增大，这时粗糙度值也将增大。

羟基铁粉为球形颗粒，复原铁粉为多孔海绵状，水雾化铁粉为不规则形状，气雾化铁粉为近球形颗粒。

球形度：羟基铁粉 > 气雾化铁粉 > 水雾化铁粉 > 复原铁粉

25、在制备超细晶粒 YG 硬质合金中，为什么通过添加铬和钒的碳化物能够控制合金中硬质相晶粒的长大？

答：

铬和钒的碳化物在液态钴相中溶解度大，能降低体系的共晶温度，并且抑制剂组元偏聚 WC/Co 界面，抑制 WC 晶粒的溶解和干扰液态钴相中的 W, C 原子在 WC 晶粒上的析出，从而阻止 WC 晶粒在烧结过程中的粗化。

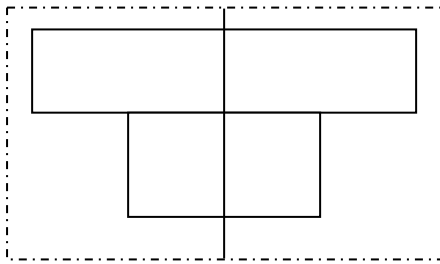
26、简述温压技术能较大幅度提高铁基粉末冶金零件密度的机理？

答：

- 1) 温压过程中，加工硬化的速度与程度降低，塑性变形充分进行，为颗粒重排提高协调性变形；
- 2) 采用新型润滑剂，降低粉末与模壁间、粉末颗粒间的摩擦，提高有效压制力，便于颗粒相互填充，有利于颗粒重排；

总之，温压技术能改善主导致密化机理的塑性变形和颗粒重排，故而能较大幅度提高铁基粉末冶金零件密度。

27、一个具有以下图中的形状的粉末坯体，假设采用整体下模冲结构会带来什么后果？为什么？如何改正模冲结构的设计？备注：两台阶均为圆柱形。



答：

采用整体下模冲结构导致两台阶圆柱压坯的密度分布不均匀。密度不同的连接处就会由于应力的重新分布而产生断裂或分层。压坯密度的不均匀也将使烧结后的制品因收缩不一急剧变形而出现开裂或歪扭。

故为了使具有复杂形状的横截面不同的压坯密度均匀，必须设计出不同动作的组合模冲，并且应使它们的压缩比相等。

28、比拟以下粉末或粉末混合物中的压坯强度的上下，并分析其原因。

- 1) -200 目电解铜粉，-200 目铜粉+5%石墨粉，成形压力为 400Mpa；
- 2) -80 目复原 Fe 粉，-80 目水雾化铁粉，-80 水雾化铁粉+0.5%石墨粉末，成形压力 500MPa；
- 3) -200 目钼粉，-200 目铜粉，-200 目复原铁粉，成形压力为 300Mpa。

答：1) 后者的压坯强度较前者大。因为石墨碳粉的弹性模量比铜高，参加高模量组份的石墨碳粉后，压制时粉末结合强度大，故压坯强度高

2) 复原铁粉为多孔海绵状，水雾化铁粉为不规则形状

3)

29、〔粉末烧结钢的晶粒为什么比普通钢细小？〕有一汽车制造商的质检部配合开发部拟用铁基粉末冶金零件取代原机加工 45#钢件，对粉末冶金零件供给商按同材质提供的样件进行金相检验。质检人员发现粉末冶金件中的铁晶粒与原 45#钢机加工件之间有无差异？为什么？

答：

粉末冶金件中的铁晶粒比原 45#钢机加工件的晶粒细小。

原因：

1) 粉末冶金件在烧结过程中，孔隙、夹杂物对晶界迁移的阻碍；

- a、孔隙的存在阻止晶界的迁移。粉末颗粒的原始边界随着烧结过程的进行一般开展成晶界。而烧结坯中的大量孔隙大都与晶界相连接，会对晶界迁移施加了阻碍作用
- b、粉末中的夹杂物也对晶粒长大施加一定的阻碍作用。这些夹杂物包括硅酸盐和金属的氧化物。其对晶界迁移的阻碍作用大于孔隙。因为孔隙随着烧结过程的进行可减弱或消失。而夹杂物一般难以消除（假设夹杂物在烧结过程中稳定时）

2) 烧结温度低于铸造温度；

因而，粉末烧结材料的晶粒一般较普通钢细小。

30、哪些因素影响粉末显微硬度？对于复原铁粉如何降低其显微硬度？

答：

粉末颗粒的显微硬度主要取决于构成固体物质的原子间的结合力、加工硬化程度和纯度。原子间的结合力越低、加工硬化程度越低、粉末纯度越高，显微硬度越低。

复原铁粉颗粒的显微硬度可采用适当的退火工艺来消除加工硬化、降低其中氧、碳含量，到达降低颗粒显微硬度的目的。

31、某公司采用复原铁粉作主要原料制造材质为 Fe-2Cu-1C 的一零件，粉末中添加了 0.7%的硬脂酸锌做润滑剂，在吨位为 100 吨的压机上成形，在压制后发现零件的压坯密度偏低。在不改变装备的情况下，该公司的技术人员最终解决了压坯密度偏低的问题。请问其可能采取了什么技术措施？为什么？

答：

- 1) 压制前，将复原铁粉进行复原退火处理。刚生产的复原铁粉有加工硬化，且氧碳含量相对较高，影响粉末压缩性。故进行复原退火，消除粉末加工硬化，减少杂质含量，降低氧碳含量，提高粉末总铁量，有利于提高粉末压缩性，进而提高压坯密度。
- 2) 改善粉末流动性，提高模具的光洁度和硬度。

32、某金属粉末公司采用气体雾化法在制造铝粉时，发现粉末粒度及其分布符号用户要求，而松装密度偏低。请分析其原因。并提出大致的改正技术思路。

答：

松装密度受粉末颗粒的形状、颗粒的密度及外表状态（粗糙程度，决定了颗粒之间的摩擦力）、粉末的粒度及其组成及粉末的干湿程度等的影响。

现粉末粒度及其分布符号用户要求而松装密度偏低，有可能是气体雾化过程中没能很好的控制雾化参数，影响了球形铝粉的形成，进而使松装密度偏低

改正技术：

- a、提高金属流外表张力、降低金属流粘度。外表张力大，得球形粉；粘度小得球形粉，外表张力克服粘度作用使粉末球化。
- b、增加过热度及外表张力作用时间。过热度大，温度增加，外表张力作用时间长，冷却时得球形粉

33、选择成形方法时需要考虑的根本问题有哪些？

答：

- 1) 几何尺寸、形状复杂程度
- 2) 性能要求（力学、物理性能及几何精度、材质体系）
- 3) 制造本钱（结合批量、效率）。

34、液相烧结的三个根本条件是什么？它们对液相烧结致密化的奉献是如何表达的？

答：

三个根本条件：液相必须润湿固相颗粒、固相在液相中具有有限的溶解度、液相数量

- 1) 液相必须润湿固相颗粒，这是液相烧结得以进行的前提。液相只有具备完全或局部润湿的条件，才能渗入颗粒的微孔和裂隙甚至晶粒间界，促进致密化
- 2) 有限的溶解可改善润湿性，增加了固相物质迁移通道，加速烧结；并且颗粒外表突出部位的化学位较高产生优先溶解，通过扩散和液相流动在颗粒凹陷处析出，改善固相晶粒的形貌和减小颗粒重排的阻力，促进致密化
- 3) 在一般情况下，液相数量的增加有利于液相均匀地包覆固相颗粒，为颗粒重排列提供足够的空间和致密化创造条件。

35、什么是松装密度？其上下主要取决于哪些因素？

答：

松装密度是指粉末在规定条件下自然填充容器时，单位体积内粉末质量。

- a、粒度：粒度小，流动性差，松装密度小
- b、颗粒形状：形状复杂 松装密度小
粉末形状影响松装密度，从大到小排列：
球形粉>类球形>不规则形>树枝形
- c、外表粗糙，摩擦阻力大，松装密度小
- d、粒度分布：细分比率增加，松装密度减小；粗粉中参加适量的细粉，松装密度增大；如球形不锈钢粉
- e、粉末经过适当球磨和氧化之后，松装密度提高

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/958014056035006120>