



## 粉末冶金成形模设计及使用

**问：阴模及模套尺寸如何设计？**

**答：**设阴模内孔径为  $d$ （压坯外侧为圆柱形），阴模外径（即模套的内径）为  $d_m$ ，模套外径为  $D$ 。根据强度来考虑，通常  $m = \frac{D}{d}$  取  $1.8 \sim 2.5$  为宜。对于小件，往往由于操作或通用化的要求， $m$  值取大于  $2.5$ ；对于大件， $m$  值可小于  $1.8$ 。选取  $m$  值的考虑因素是：（1）对于高度或侧面积大的制品， $m$  值应偏大选取；矮的制品（如摩擦片）， $m$  值可偏小；（2）要求密度高的制品（即压制压力大）， $m$  值偏大选，反之偏小选；（3）帕桑系数大的材料压制时其侧压系数大，在其它条件相同时， $m$  值偏大选。

合适的  $d_m$  应按  $d_m = \sqrt{Dd}$  选取。阴模与模套的过盈量通常可按  $0.15\% d_{re}$  选取。

对于型腔有尖角的阴模，由于尖角处应力集中现象严重，在压制状态下，阴模承受拉应力的能力很低，阴模壁厚可按  $20 \sim 30$  mm 选取，而  $m$  值应为模套外径与阴模外径之比。

对于高密度的异形件（如齿轮），建议用双层模套， $m$  值应为阴模外径与外层模套外径之比。

**问：如何选择模具材料？对其硬度有何要求？**

**答：**模具的主要零件（指阴模、芯棒、模冲），通常用铬工具钢、轴承钢或高速钢制成，如： $\text{CrWMn}$ ， $\text{CrW}5$ ， $9\text{CrSi}$ ， $\text{Cr}12$ ， $\text{Cr}12\text{Mo}$ ， $\text{GCr}15$ ， $\text{W}18\text{Cr}4\text{V}$  等。阴模最好用钢结硬质合金（如 DT），或钨钴硬质合金（如  $\text{YG}8$ 、 $\text{YG}15$ ）。芯棒可用硬质合金与合金工具钢经镶嵌制成的复合结构。

阴模及芯棒的硬度应  $\geq \text{HRC}60$ ，以有利于产品的精度及模具的寿命，并能减少模瘤和

拉伤，而保证产品的光洁度。由于淬火后材料脆性较大，所以合适的模套是重要的。对于模冲，当只受压应力及无薄弱处（如尖角、薄壁）时，可选  $\text{HRC } 57 \sim 60$ ；对于有韧性要求（如模冲受冲击）时，可选  $\text{HRC } 53 \sim 56$ ；对于薄弱（带尖角、薄壁）模冲，可选  $\text{HRC } 50 \sim 53$ ，但这时单位压力最好不超过  $6 \text{ tf/cm}^2$ ，否则会产生少量的微粗残余变形。

**问：压制时应注意些什么？**

**答：**对于新模具应检查是否已退磁；用细油石修去毛刺，以免拉伤手或模具；手动试一下配合情况。

对于自动模，要检查定位、导向是否准确可靠；装粉容积及压坯厚度是否合乎要求；压坯表观有无缺陷。

试制新品时，应仔细计算压坯的压制面积、粉重、压坯高度、单位压力及总压力，并应由另一人核对。试压前，操作者应弄清模具的结构及操作程序。试压时，压力由小到大，最后达计算要求的值。一般单位压力不要超过  $8 \text{ tf/cm}^2$ ，必要时可达  $10 \text{ tf/cm}^2$ 。但在试压时应采取安全措施。

压制时粉末压坯与模壁间应有必要的润滑，否则粉粒会粘附在模壁上产生“模瘤”，使压坯密度严重不均，压坯光洁度变坏，甚至拉伤模壁。常用的润滑方式是把润滑剂（如硬脂酸锌等）混入粉料中，亦可在模壁上涂硬脂酸锌与酒精或丙酮溶液的方式。

模具用毕应擦净，涂油后防锈保存。

**问：压坯裂纹产生的原因是什么？如何防止？**

**答：**（1）粉料成形性差。除粉料成分外，其它因素如：粉料内应力大，颗粒形状规则，润滑剂量过多或过少。解决办法：粉料事先还原退火，混料时间不宜过长，加一些松装



## 烧结致密法制取粉末高速钢

粉末高速钢是七十年代的新型工具材料。用氮气雾化—热等静压法生产粉末高速钢已有十余年历史。除此之外，烧结致密法也是一项业已投入小批量生产的新的制取粉末高速钢的方法。该方法的要点是采用传统的粉末冶金工艺，将水雾化粉末的压坯于接近出现液相的温度下，通过真空烧结获得形状近于成品、相对密度不低于98%的制品。这种工艺的特点是：

1. 能得到无碳化物偏析的细小均匀的组织。充分发挥了粉末冶金少无切削的优点，降低材料及能源消耗；
2. 能制造多种切削工具和耐磨构件，如车刀、扳牙、丝锥、不刃磨刀片，柴油喷射泵凸轮环，滚动轴承套环等；
3. 有可能实现烧结—淬火连续化。

烧结致密法制取粉末高速钢的工艺流程是：

水雾化制粉—真空退火—混合—成形—烧结—退火—热处理—磨削加工。

影响烧结致密高速钢性能的关键工序是烧结，特别是烧结温度，其选择可参考高速钢出现初期熔融的温度。温度的控制是十分严格的，温度偏低，碳化物虽细小但制品密度不足；温度过高则碳化物严重长大，呈网状分布。在正常情况下，碳化物的平均尺寸为 $2\sim3\mu\text{m}$ ，最大小于 $7\sim10\mu\text{m}$ 。

密度小、流动性差的粉料（不规则形状的颗粒多），调节润滑剂量，适当减小成形压力。粉料成分是所制取制品的性能所要求的，如果不能改变，则只能通过调整其它条件来避免裂纹。

(2) 阴模刚性不足。常发生在细长压坯横向加压的情况下，对此，可把阴模与模套的配合面做成圆形，并适当加厚模套。

(3) 压坯由于密度严重不均使各处回弹量不同而引起额外的应力。常见于带台压坯。对此，应调节各处的装粉量，加强润滑。

(4) 阴模脱模口径小于成形段。常发生

ST1烧结高速钢（烧结W18Cr4V1）的性能如下：相对密度98.5~99.5%，抗弯强度 $200\sim220\text{kgf/mm}^2$ ，冲击韧性 $0.6\sim1.0\text{kgf}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$ ，硬度HRC $65\sim67$ ，红硬性（ $600^\circ\text{C}$ ，4小时）为HRC63.5（铸锻W18Cr4V1为60）。

烧结高速钢的硬度、可磨削性、热处理效应及切削性能使人满意，但韧性较差，是国内外尚未解决有待改进的问题之一，但并不影响它在一定范围内使用。烧结高速钢车刀和铸锻W18Cr4V1车刀加工1Cr13螺杆，刃磨一次分别为4~5件和2件，加工灰铸铁标样磨损分别为 $0.19\text{mm}$ 和 $0.29\text{mm}$ 。粉末高速钢所制取柴油机分配泵上的凸轮环，经台架试验2500小时，磨损极少，田间试验数百小时，情况仍正常，其材料利用率由常规加工方法的36%提高到74.2%，成本由10.56元降低到3.12元(件)。

[机械工业部上海材料研究所方向威 戴行仪  
参加本工作的有应慧君、严建肃、施伟明、许浩祥]

## 氯化法制取超细钨粉

氯化法制取钨粉的主要特点是纯度高、颗粒细、颗粒尺寸分布均匀、颗粒呈球状、热稳定性高。由氯化钨粉制取的超细合金有良好的物理机械性能，在精加工特别在钟表加工上是较理想的材料。我们研究了氯化粉末的制取并生产了超细晶合金产品，其中X6（氯化合金牌号）超细晶合金用于自动车刀刃磨寿命比YG6 X合金提高 $2\sim3$ 倍。

氯化在石英设备中进行，在确定的温度下将粗钨粉通氯气生成六氯化钨 $\text{WCl}_6$ 气体再进入还原炉，由氢气进行气相还原，生成超细钨粉，用氩气载入收集器。

在阴模成形段已明显磨损，以及阴模型腔有倒锥度的情况。对此，可将阴模调头使用，或将脱模端内孔修出向外逐渐变大的锥度。

(5) 阴模支承平面与压制方向不垂直。这种情况往往是由于脱模座不平，阴模内孔与端面不垂直而造成，对于大直径的环状零件尤为敏感。对此，可修理模具，以保证平行度和垂直度，也可采用垫薄片（如纸片、铝片）的临时办法解决。

[倪明一解答]