

国防工业技术丛刊 80

粉末冶金零件工艺

国营长江有线电厂编

(内部资料·注意保存)

国防工业出版社

TG

粉末冶金零件工艺

国营长江有线电厂编

*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

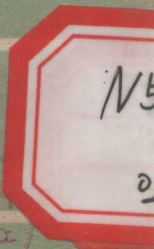
国防工业出版社印刷厂印装 内部发行

*

787×1092 1/32 印张11/4 24千字

1971年3月第一版 1971年3月第一次印刷

统一书号: N15034·(活)-80 定价: 0.13元



目 录

粉末的选用和混合.....	5
零件的压制.....	7
烧结.....	18
渗铜.....	25
复压和整形.....	28
零件工艺性能简介.....	30
表面处理和热处理.....	36

03648

N3170

9
02

毛主席语录

工人阶级必须领导一切。

无产阶级必须在上层建筑其中包括各个文化领域中对资产阶级实行全面的专政。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

毛主席语录

社会主义革命和社会主义建设，必须坚持群众路线，放手发动群众，大搞群众运动。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

打破洋框框，走自己工业发展道路。

目 录

粉末的选用和混合.....	5
零件的压制.....	7
烧结.....	18
渗铜.....	25
复压和整形.....	28
零件工艺性能简介.....	30
表面处理和热处理.....	36

毛主席语录

如果人们不去注意事物发展过程中的阶段性，人们就不能适当地处理事物的矛盾。

粉末的选用和混合

在粉末的选择中，尤其是铁粉和石墨粉的选择是很重要的。劣质的铁粉不但其可压性差，而且由于杂质过多致使零件强度亦差。品质不纯的石墨粉在烧结时，就不能与铁结合成足够数量的铁碳合金，所以对粉末的化学成分和物理性质均有一定要求，根据实际使用经验，粉末需具备以下要求：

铁 粉：化学成分：含铁 $\geq 97.5\%$ ，

含碳 $\leq 0.25\%$ ，

其它杂质 $\leq 2.5\%$ ；

物理性能：松装比重 2.1~2.4，

震实比重 2.4~2.8，

粒 度 全部通过 100 目。

铜 粉：电解铜粉，含铜高于 99.5%，粒度全部通过 200 目。

石 墨 粉：高纯度细鳞状石墨粉或化学试剂（大量生产使用不经济），纯度 99.5%，粒度全部通过 325 目。

硬脂酸锌：白色粉状物质，固体润滑剂。

甘油乙醇：甘油和乙醇以 1:1 混和，这种液体润滑性能良好，同时在烧结时不会像机油那样在零件中留下残余的碳沉积物。

混和前先将 Fe 粉、Cu 粉、C 粉以所需比例称量，然后再加入硬脂酸锌 0.7%，放到混料机上混和 3 小时即成均匀合金粉末，混和后粉料松装比重 2.2~2.5，震实比重 2.5~2.9。

粉末的混和是在圆柱形混料筒，套在混料机水平轴上混和。每桶混料 7 公斤，一次可混 4 桶计 28 公斤。混料机转速为 40 转/分，混和时间为 3 小时。

如果需要使用液体润滑剂时，则先将 Fe 粉、Cu 粉、C 粉按一定量配好后加入 0.4% 硬脂酸锌，先混和 2 小时，然后再加入 0.3% 甘油乙醇混和 1 小时。这种粉料的松装比重比前一种的差，流动性亦较差，但润滑性能较好，粉末混和的均匀性亦比前一种好。所以在粉料流动性要求较低的情况下，可采用固体和液体润滑剂同时加入的方法混料。

毛主席语录

理性认识依赖于感性认识，感性认识有待于发展到理性认识，这就是辩证唯物论的认识论。

零件的压制

压制是粉末冶金中一道重要工序。压制是将疏松的粉末在巨大压制力的作用下，粉末颗粒由互相挤紧→接触→塑性变形，这样在粉末颗粒之间产生了一定的机械联结力，从而得到一定密度和一定形状尺寸的冷压成形件。

1. 零件压制成形，必须使粉末颗粒产生塑性变形，因此压制力是很大的。同时在机械零件中往往要求有较高的强度，于是要求压制成高的密度而需相应地加大压制力。但是对于模具十分不利，特别是形状较复杂的零件，模具常在尖角处折裂，对于所加压制力需要给予充分考虑和一定限制，以保证模具的寿命。在实际使用中一般限制压制力不大于 8吨/厘米^2 。这对于许用应力为 $16\sim 20\text{吨/厘米}^2$ 的合金工具钢来说，是完全能够忍受的。

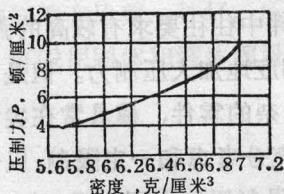
对于要求高密度的零件，采取复压和渗铜的工艺来获得。采用这二种工艺可在压制力小于 8吨/厘米^2 情况下，得到相对密度大于92%的零件，只有对于个别既不宜复压又不宜渗铜，但需要有高的密度 7.0克/厘米^3 的零件，才采取压制力为 10吨/厘米^2 。

为了减小压制力，一方面采用可压性较好的铁粉，同时可在粉料中加入适当的润滑剂，以减小在压制时粉末颗粒之间以及粉末与凹模模壁之间剧烈的摩擦。我们在生产中使用固体润滑剂硬脂酸锌和液体润滑剂甘油乙醇。从使用情况看两种润滑剂同时加入比单独一种加入有更好的润滑效果。但是液体润滑剂的加入，会大大降低粉末的流动性，使得薄壁零件和小零件装粉困难而限制了实际使用，所以我们大多数是加入 0.7 % 硬脂酸锌作为润滑剂。

压制力的大小与密度有直接关系。但是实际上在压制力一定的情况下，所得零件的密度大小还与粉末的颗粒大小和形状、零件形状、润滑剂的加入有关。表 1 是我们在实际工作中得到的压制力与密度的关系。系采用 100 目铁粉，铁粉松装比重 2.1 ~ 2.2，润滑剂为 0.7 % 硬脂酸锌。

表

1



密 度 (克/厘米 ³)	压 制 力 (吨/厘米 ²)
5.7	4
6.0	5
6.3	6
6.6	7
6.8	8
7.0	10

压力与压制面积有关而与压制高度无关。即在压制同一压制面积的零件，不管零件高度多少，若所加压力一定，得到的密度是一样的。不过高度小的零件的密度均匀性要比高度大的好些。

2. 在压制过程中，粉末颗粒产生塑性变形的同时，必然伴随着弹性变形，所以压制后零件的轴向和径向尺寸都要比模具型腔大。零件必须用一定压力才能从凹模中顶出，在顶

出过程中零件与凹模发生剧烈摩擦。在弹性变形大到一定值时就有可能拉毛凹模型腔，因此要设法使弹性变形尽可能减小，并掌握其规律性。

弹性变形数值与下列因素有关：

- (1) 与密度有关；
- (2) 与零件尺寸及形状有关；
- (3) 与粉料粒度有关。

a) 压制密度越大，其弹性变形量亦越大。这种现象的原因是零件密度大，所需压制力亦大，于是粉末颗粒塑性变形造成弹性变形亦大。图 1 是我们观察到的密度和弹性变形的一般规律。由于影响弹性变形量除密度外，还有其他因素，所以图中数字取偏大的数值。从图中可以看出零件在轴向的弹性变形要比径向大得多，而且尺寸的一致性亦较差，所以在长度方向要得到精确的尺寸是困难的，我们常用平磨来达到精确的要求。

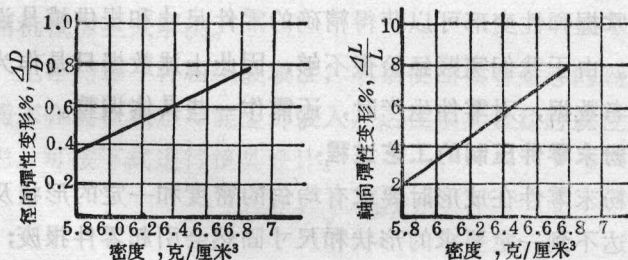


图 1

b) 在其他因素相同情况下，壁厚的零件要比壁薄零件的弹性变形大。这是由于壁厚零件中产生弹性变形的金属颗粒要比壁薄的零件多，故产生的宏观弹性变形量当然亦大。表 2 是两种厚度差较大零件弹性变形量的差异。

表 2

件 号	外 径 (毫米)	壁 厚 (毫米)	使用压力 (吨/厘米 ²)	密 度 (克/厘米 ³)	弹性变形量 (%)	弹变率 (%)
1	φ87.60	5	7	6.5	0.25	~0.28
2	φ60.50	26.5	5	6	0.30	~0.5

从表中可以看出虽然件 1 的直径比件 2 大，而且密度也高，但是弹性变形，件 1 却比件 2 小，这是由于厚度起了显著作用之故。同时一般来说，零件尺寸愈大，其弹性变形亦大，尺寸与弹性变形量大小近似线性关系。即它们在一定条件下具有相同的弹变率，如表 3。

表 3

件 号	尺 寸 (毫米)	密 度 (克/厘米 ³)	弹性变形量 (%)	弹变率 (%)
1	φ12	6.6	0.08	0.67
2	φ16	6.6	0.10	0.7
3	φ25	6.6	0.16	0.64

掌握弹性变形可以获得精确的零件尺寸和提供模具设计数据。由于我们实践经验很不够，因此上述数据只是作为一般参考数据，对零件生产时，还需作一些具体调整。

粉末零件压制的工艺过程：

粉末零件在成形时要求有均匀的密度和一定的形状及尺寸，达不到一定要求的形状和尺寸固然会引起零件报废；但是由于压制不当而造成零件密度不均匀，会引起烧结变形不均匀，甚至会产生扭曲、开裂等现象，同样也能导致零件报废。这对于形状复杂零件尤为重要。

(一)粉末的装填：

粉末装填入凹模有重量法和容积法。

重量法即充入凹模型腔的粉量是经过称量而具有一定的重量。这种方法的优点是每只零件都具有一样的重量，因而可以得到密度一致和尺寸一致的零件，这种方法可在型腔的尖角和壁薄的地方用锤击使粉末流入，这样在压制时就不会造成密度差异。我们对于异形零件以及要求密度一致的零件均采用这种方法。

容积法即将疏松的粉末充满凹模型腔，而不需经过逐个称量。由于粉料的松装比重是有控制的，因而装入凹模型腔粉末的重量亦是一定的，不过没有重量法那样精确。用这种方法装填比较简便，不需逐个称量。但必需是使型腔有一定尺寸，保证粉末在自身重量作用下流入，窄小的型腔是无法使粉末流入的。由于每次装入粉末会有些差异，因此这种方法只用在对零件的高度和密度要求不高的场合。我们用容积法来制作一模多件含油轴套很为成功。其含油轴套密度 $\rho = 6 \sim 6.3 \text{克/厘米}^3$ ，高度允差 $0.1 \sim 0.3$ 毫米，过高的高度要求可用机械加工来解决。

无论用那一种粉末装填法，必须使凹模有足够的高度，使粉末在疏松状态即能全部装入，这在模具设计时就应充分考虑。可按下式进行模具设计。

$$L_0 \geq L \cdot \frac{\rho}{\gamma_0} \geq KL$$

$$K = \frac{\rho}{\gamma_0}$$

式中 L —— 零件要求高度；

L_0 —— 装粉型腔高度；

ρ —— 零件压制密度；

γ_0 —— 粉末松装比重；

K ——装填系数。

图 2 所示是一轴套零件，要求压制后高度为 10 毫米、密

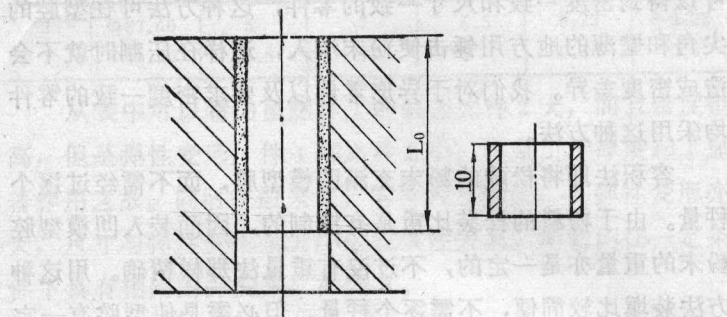


图 2

度 $\rho = 6.3$ 。现使用粉末松装比重为：

$$\gamma_0 = 2.2 \sim 2.3$$

$$K = 6.3 / 2.2 \sim 2.3 = 2.75 \sim 2.9$$

所以 $L_0 = KL = 27.5 \sim 29$ 。

在压制过程中，粉末只在压力方向具有流动性，而在垂直于压力的方向几乎不具有流动性，所以在压制带有台阶零件时就必须考虑这一点。在压制带台阶零件时，在同一压程下同时要形成两个尺寸，而且密度要均匀，于是采用了浮动下凸模或者用上凸模限位的方法装粉，来适应一次压制得到两个尺寸的台阶零件。

图 3 所示，零件上有一个深度为 C 的槽，于是采用浮动下凸模，使二部分都具有相同的装填系数 K 。

$$L_{01} = Kb, \quad L_{02} = Ka$$

由于浮动下凸模的作用使“ C ”部分少装了 $L_{02} - L_{01} = K(a - b)$ 的粉料，这样压制后能得到均匀密度。这种方法的效果

较好，我们常采用这种结构。

图4所示为上凸模用定位铁定位、使型腔形成 L_{01} 和 L_{02} 的装粉高度。这种装粉法一般采用震实法压制，因为粉末流动性的限制，用松装法会产生装粉盲区，用震实法则可消除此缺陷。在实际生产中尚有各种台阶和多台阶式零件，均采用这种方法压制。

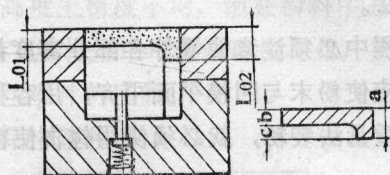


图 3

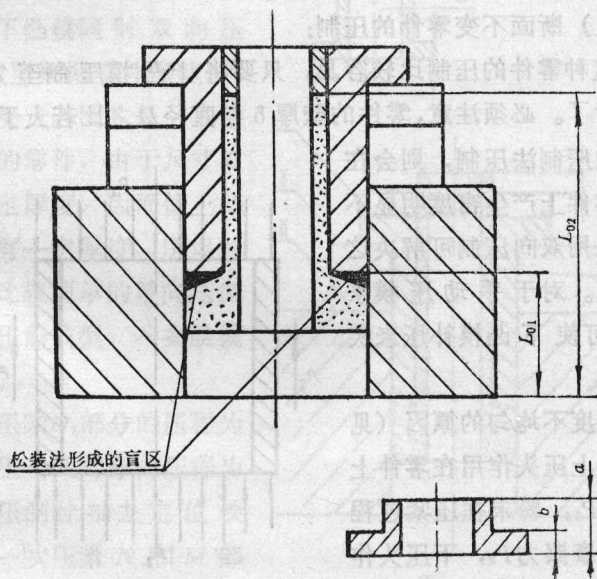


图 4

零件压制有定压法和定位法:

定位法就是用定位铁来限制上凸模的压程,以便得到尺寸比较一致的零件,我们大多采用定位法来压制。定压法就是调整液压机的压力至一定大小,即用一定的压力压制零件。这种方法可以压出密度比较一致的零件,但在零件高度上会有所差异,所以对高度尺寸要求不严格和需要复压的零件就采用这种压制法。

在压制过程中必须注意使零件各部分密度都均匀一致,在粉末装填时应使粉末与凹模平面平齐,用容积法装粉是容易做到的,用重量法装粉,就必须使用锤击使粉末基本形成水平面。

零件压制:

1) 断面不变零件的压制:

这种零件的压制比较容易,只要将上凸模压制至定位铁就行了。必须注意,零件的壁厚 δ 与直径 D 之比若大于 5, 用单向压制法压制,则会在整个零件上产生密度明显不均匀,用双向压制可解决这个问题。对于手动压模来说,可使下凸模补压来实现。

密度不均匀的原因(见图 5):上压头作用在零件上的压力 P_1 , 粉末在压紧过程中产生摩擦力 P_2 , 下压头作用在零件上压力 P_3 。

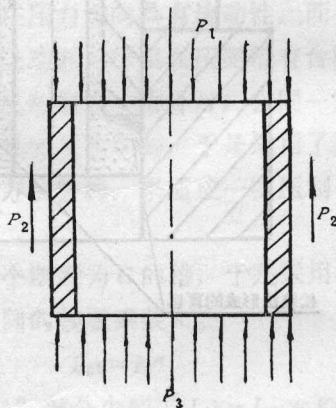


图 5