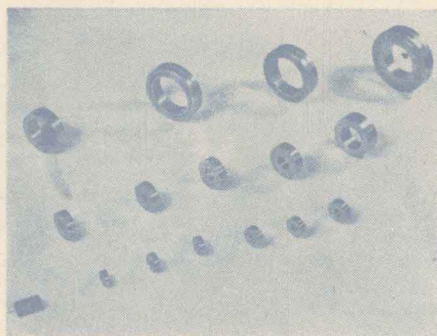


华北无线电器材厂调研组编

怎样制造鉄石墨含油轴承



机械工业出版社



目 次

一	什么是鉄石墨含油軸承.....	2
二	鉄石墨含油軸承制造工艺.....	4
三	鉄石墨含油軸承檢驗.....	10
四	有关鉄石墨含油軸承制造的几个問題.....	14
五	鉄石墨含油軸承的应用范围.....	24

一 什么是鉄石墨含油軸承

鉄石墨含油軸承是把軋鋼廠的廢料——軋鋼皮 (Fe_3O_4 ，也叫鉄磷) 还原制成的鉄粉加上石墨粉，采取粉末冶金的加工方法制成的。鉄石墨含油軸承的成品保持一种多孔性的海綿体状态，內部的細孔，在生产过程中儲有油分。这些細孔由于毛細管的作用，相互通連可以直通到表面。在机器运转的时候，軸在軸承中旋轉，使軸和軸承接触点的一面，产生半真空状态，从而使海綿体内貯藏的油分，因毛細管的作用而吸到軸承表面，潤滑了軸和軸承的摩擦面。同时，又由于油的体积膨脹系数比金屬的体积膨脹系数大，軸旋轉發热后可使海綿体内的油分被吸到軸承表面，但当軸停止轉动后，軸承因摩擦而升高的溫度逐漸下降，軸承表面的油分就重新被吸入軸承的海綿体内。这样反复循环，在一定限度內，这种鉄石墨含油軸承在使用中可以不加油，这就是含油軸承名称的由来，也叫做自动潤滑軸承。

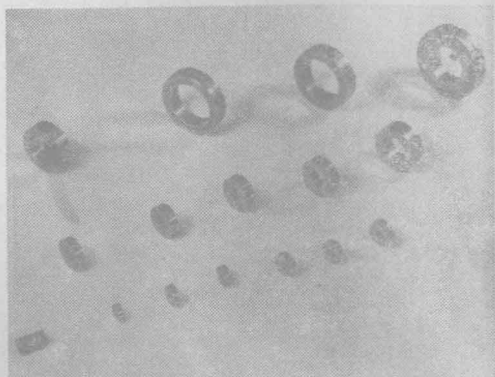


圖1 华北無線電器材厂目前生产的几种含油軸承。

由于鉄石墨含油軸承的主要材料是軋鋼廠上千吨的廢物——軋鋼皮，这种軋鋼皮，每吨的售价只要5到10元，成本低廉，材料供应又无困难；此外鉄石墨含油軸承生产中所需用設備比

較簡單，生产周期也很短，便于組織生产。所以含油軸承在国外早已广泛应用。根据苏联在煤矿工业采煤傳送帶中的使用情况来看；在同样的使用条件下，鉄石墨含油軸承的寿命，比滾珠軸承高10至14倍。

鉄石墨含油軸承在我国还是一种新产品，在全国工农业生产大跃进的高潮中，成千上万台的新机器設備，迫切需要供应軸承。国营华北無線电器材厂在上級领导的亲切关怀和「双反」取得巨大胜利的思想基础上，在1958年第一季度，以一个多月的時間，首先試制成功。試制过程中，自厂長、党委書記以至車間主任，都亲自抓这项具有重大政治經濟意义的含油軸承試制任务。在沒有技术資料，沒有样品，所用設備不合适的情況下，充分發揮了干部、工人的積極性、創造性。車間技術員和工人密切合作，解決了不少試制中的困难問題。此外在鉄石墨含油軸承的試制过程中，还采取了一系列的先进組織措施，主要的有以下三点：

1. 將鉄油墨含油軸承的試制过程，分成两个阶段来做。第一阶段先試制成合格的冶金粉末（把軋鋼皮磨碎并經過热处理），第二阶段再从含油軸承的压制成型到最后測試合格。这样分两个阶段进行試制，就可以避免在試制过程中發現問題后，要往返寻找原因，耽誤試制进度。

2. 試制不同規格的含油軸承，需用各种大小的成型模具，但由于採納了技術人員的建議，用車削加工的方法，就可以用几种規格的模具，試出一、二十种不同規格的含油軸承，縮短了試制工序的供应周期。

3. 在沒有技术資料、沒有样品的情况下，采取車間技術人員「跟工序」的办法，随着含油軸承的試制过程，指导工人操作，在工位上解决临时發生的技術問題，保證了試制工作的加快

进展。

目前华北无线电器材厂已试制成功十几种不同规格的鉄石墨含油轴承，并已投入成批生产，供应国内机器制造业的迫切需要。该厂生产的鉄石墨含油轴承在质量上也已经超过美国，现在把国产和美国含油轴承的质量对比列在表 1 中。

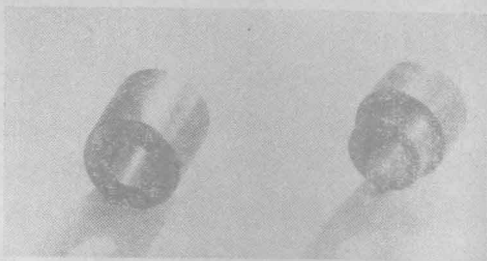


圖 2 华北无线电器材厂生产的自行车含油轴承。

表 1

序 号	質 量 对 比 项 目	华北无线电器材厂	美 国
1	徑向破坏强度(公斤)	3000~4000	~1900
2	抗压强度(公斤/公厘 ²)	> 100	40~60
3	抗弯强度(公斤/公厘 ²)	40~50	—
4	布氏硬度(公斤/公厘 ²)	80~110	25
5	抗拉强度(公斤/公厘 ²)	~20	10~14
6	孔隙度(%)	25~30	30
7	浸油率(重量)	2~3	25(容积)

由此可見华北无线电器材厂生产的鉄石墨含油轴承，在一些主要質量項目方面，已經大大地超过美国含油轴承的質量。

二 鉄石墨含油轴承制造工艺

1 原材料 进厂的原材料必須进行化学分析，符合下列条件者才能应用。

1) 鉄磷: 必須清潔; 化学成分必須符合下列条件:

$\text{Fe}_{\text{总}} 70 \sim 72\%$; $\text{Fe}_{\text{金属}} 0.5 \sim 2.2\%$ $\text{C} 0.1 \sim 0.7\%$; $\text{Si} < 0.4\%$; $\text{Mn} < 0.5\%$; $\text{S} 0.01 \sim 0.03\%$; $\text{P} 0.01 \sim 0.03\%$; 其余氧。

2) 石墨粉: 最好采用片状銀灰色石墨; 它的化学成分必須符合下列条件:

灰分不大于 5% ; $\text{S} < 0.2\%$; 揮發分 $< 1.0\%$; 夹杂物 $< 0.8\%$; 溶于 HCl 中的鉄 $< 1.0\%$ 。石墨粉的粒度要小于 0.075 公厘。

2 清洗 进厂的鉄磷化学成分合格后, 若塵土、灰砂太多时, 須用清水洗滌, 一直到水不混濁时为止。

3 干燥 清洗后的鉄磷可自然干燥或置于爐內烘干。

4 磁选 为了除去夹杂于鉄磷中的砂石, 干燥过的鉄磷必須进行磁选。



圖3 華北無線電器材厂职工正在冲洗鉄磷。

5 球磨 將磁选过的鉄磷, 按照 料: 球 = $1:1$, 装于球磨机中球磨, 球磨時間为 $8 \sim 12$ 小时, 視原材料而定。

6 篩分析 將球磨过的鉄磷进行篩分析, 它必須符合下列条件:

+0.2	-0.2 +0.1	-0.1 +0.075	-0.075 +0.06	-0.06
5%	42~30%	3~5%	15~20%	35~40%

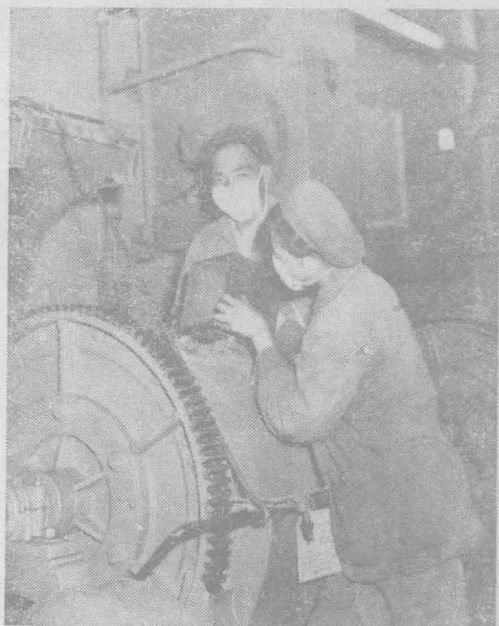


圖 4 把鉄磷裝入球磨機。

7 氧化焙燒 为了易于还原，要将球磨好的鉄磷在 $580^{\circ}\sim 600^{\circ}\text{C}$ 焙燒 8 小时，焙燒时每盒重量約为 600 克。焙燒好的鉄磷，断面应呈紅色，否則应重新焙燒。

8 球磨 将焙燒好的鉄磷按照 料：球 = 1：1 装于球磨机中球磨 20 分鐘。

9 过篩 将球磨好的已焙燒的鉄磷，用 0.2 公厘的篩子篩分，篩余不要，将小于 0.2 公厘的鉄磷粉送去还原。

10 还原 将小于 0.2 公厘的已焙燒的鉄磷粉，按每盒 500~550 克装在盒中，于 880°C 在氫气中进行还原，于 880°C 保温的时间不少于 4 小时。取出的还原好的鉄粉，必須将表面的氧化物



圖 5 把鉄鱗粉末送入氫氣爐中。

除去后，才能倒在桶中。

11 球磨 將还原好的鉄粉，按照 料：球 = 1：1 裝于球磨机中球磨 15~30 分鐘。

12 过篩 用 0.2 公厘的篩子过篩，篩余不要。

13 鉄粉的化学分析 还原鉄粉必須进行化学分析，鉄粉的化学成分必須符合下列条件：

$\text{Fe}_{\text{总}} > 98\%$ ； $\text{Fe}_{\text{金屬}} > 92\%$ ； $\text{C} < 0.2\%$ ； $\text{S} < 0.04\%$ ； $\text{P} < 0.04\%$ ； $\text{Mn} < 0.5\%$ ； $\text{Si} < 0.4\%$ 。

14 鉄粉的物理檢驗 还原鉄粉除化学分析外，还必须进行物理檢驗，它必須符合表 2 所列条件。

15 混料 將符合上述条件的鉄粉与石墨粉，按照 鉄：石墨 = 97：3 配料，另外加入 0.5% 脫水鋅子油。混合物的数量为 200 公斤时要混合 4 小时。混合物的数量为 100 公斤时要混合 3 小时。

表 2

篩 分 析 %				松裝比重 克/公分 ³
-0.2 +0.1	-0.1 +0.075	-0.075 +0.06	-0.06	
42~30	3~5	15~20	40~45	1.8~2.5

混好要檢查是否混合得均勻，不均勻時須重新混合。

16 称量 称量必須用准确到 0.01 克的天平进行。

17 压制 压制是在液压压床上进行的，高度高于 7 公厘的要采用两面压制，压制时，必須考虑到压力消除后弹性后效（脹大）作用，和燒結时的收縮，为簡便起見，可按下式計算压件的高度：

$$h = h_0(1 + k)_0$$

式中 h ——压件高度，公厘；

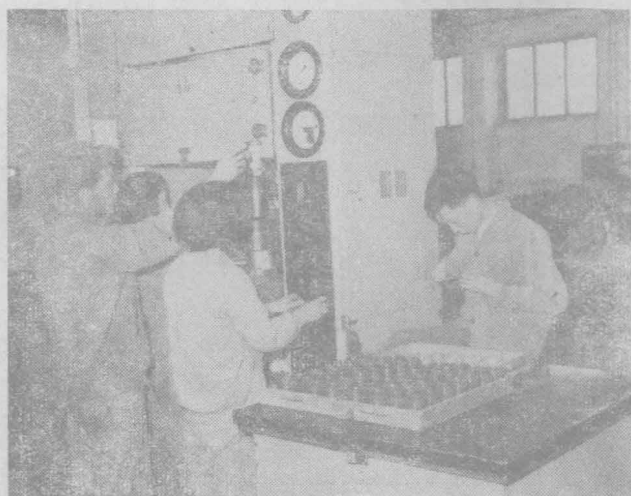


圖 6 華北元綫電器材廠正在油压机上压制鉄石墨含油軸承。

h_0 ——燒結件高度，公厘；

k ——常數，約為 0.02~0.05。

單位壓力約為 4~5 吨/公分²。

18 中間檢驗 要周期性地抽驗，除高度符合 17 條的規定外，還不得掉角、崩落、表面有裂紋。

19 燒結 在真空中，于 1050~1100°C 燒結，于 1050~1100°C 保溫 1~1.5 小時。



圖 7 華北無線電器材廠工人正在把含油軸承裝在承燒板上送去燒結。

20 中間檢驗 燒結件必須逐件檢驗尺寸、外觀，不得有裂紋、掉角等缺陷。

21 浸油 將 3 號脫水錠子油加熱到 120°C；將燒結好的合格的軸承浸于油中，浸漬 1.5~2 小時，然後取出置于冷油中冷卻到室溫，取出用破布將油擦淨。

22 校準 為了提高軸承滑動表面的光潔度、校準尺寸和增高

軸承的強度，浸過油的軸承須於相應尺寸的壓模中重壓一次，校準壓力約為压制壓力的 $1/2 \sim 1/3$ 。

23 中間檢驗 校準過的軸承必須逐件進行尺寸檢驗，要求尺寸必須符合圖紙要求。

24 物理機械性能試驗與化學分析 根據暫行技術條件進行。

25 復石腊 為了防止軸承銹蝕，要將軸承浸於加熱到 110°C 的石腊中浸 $1 \sim 2$ 分鐘取出，使表面復有一層石腊。

26 包裝 根據軸承大小，規定每箱的數量。

27 存放 倉庫中溫度應保持在 $8 \sim 30^{\circ}\text{C}$ ，這時軸承可存放8個月到一年。沒有必要時，不應將裝軸承的箱子打開。

附注：1. 此工藝僅僅適合於華北無線電器材廠現在的情況。

2. 在一般情況下，校準後應進行倒角，由於我廠生產車間現無加工設備，故此工序未列入。

三 鐵石墨含油軸承檢驗

1. 取样:

1) 批量：除特殊規定外，大小、形狀相同，同時必須是由成分相同的粉末，於同樣條件下压制和燒結的，並且於同一時間交付檢驗的軸承始能作為一批。每批的最多件數須如表所示：

每批軸承的最多件數

1000件重量(公斤)	5~25	25~50	100至100以上
每批最多件數	25000	10000	5000

2) 化学分析样品: 每批轴承至少要取一件样品进行化学分析。取样时要用清潔、干燥的工具进行, 磨或鑽时不准用潤滑剂或冷却剂。

3) 物理試驗样品: 每批轴承数量为10000或少于10000件时, 至少要取5个样品进行物理試驗, 大于10000件时, 則每批至少要取10个样品进行物理試驗。

材料的化学成分必須符合下列条件:

$\text{Fe} > 96\%$; $\text{C}_{\text{总}} 1.5 \sim 2\%$; $\text{Mn} < 0.5\%$;

$\text{S} < 0.03\%$; $\text{P} < 0.03\%$; $\text{Si} < 0.4\%$ 。

3. 物理試驗:

1) 密度:

甲、浸油后的比重为5.5~6.0。

乙、密度須按照下式計算:

$$D = \frac{B}{B - C}。$$

式中 D ——密度, 克/公分³;

B ——試样浸油后的重量, 克;

C ——浸过油的試样在水中称量时的重量, 克。

注: B 与 C 須准确到0.1%。

丙、为了測定重量 B 和 C , 将样品浸油时, 須将样品浸于120°C的3号脫水錠子油中浸漬2小时, 然后置于冷却到室溫。

2) 吸油率: 按重量計, 吸油率应为2~3%。

4. 机械性能試驗:

1) 徑向破坏强度:

甲、徑向破坏强度系在将样品置于二平面間压缩的条件下进行的, 負荷方向須垂直于样品的縱軸。以样品开始破坏时的負荷作为破坏强度。

乙、徑向破坏强度不得低于按下式算出的值:

$$P = \frac{24.6LT^2}{D-T}。$$

式中 P ——徑向破坏强度, 公斤;

D ——軸承外徑, 公厘;

T ——軸承壁厚, 公厘;

L ——軸承長度, 公厘。

注: 此处所取常数 24.6 系根据 ASTM (1955), 鉄基含油軸承 II 类 A 級 A₃ (35000) 换算出来的, A 級 A1 与 A2 各相应于 25000 与 30000。

2) 硬度: 負荷 250 公斤, 鋼球直徑为 5 公厘时, 布氏硬度为 60~110 公斤/公厘²。

3) 抗压强度:

甲、抗压試棒的材料和制造条件应跟該批軸承完全相同。每批軸承須作 5 个抗压試棒檢驗抗压强度。抗压試棒大小为 $\varnothing 12.5 \times 19$ 公厘。



圖 8 华北无綫器材厂車間領導干部和技術人員正在研究鉄石墨含油軸承的質量。

乙、抗压强度小得低于 80 公斤/公厘²，它是根据下式算出的：

$$\sigma = \frac{P}{S}。$$

式中 σ ——抗压强度，公斤/公厘²；

P ——负荷，公斤；

S ——试棒断面积，公厘²。

4) 抗張强度：

甲、抗張试棒的材料和制造条件应跟該批軸承完全相同。每批軸承須作 5 个抗張试棒檢驗抗張强度。

表3 鉄石墨含油軸承的性能比較

性 能	苏 联①	美 国②	德 国③
比 重克/公分 ³	6.5~6.7	5~5.5	5.8~6.0
抗張强度 公斤/公厘 ²	—	10~14	7~10
抗弯强度 公斤/公厘 ²	—	—	15~20
布氏硬度，20°C时，公斤/公厘 ²	35~40	20~40	25~35
布氏硬度，-60°C时，公斤/公厘 ²	75~80	—	—
抗切强度 公斤/公厘 ²	20~25	—	—
抗压强度 公斤/公厘 ²	75~80	40~60	—
抗压屈服点 公斤/公厘 ²	—	—	9
冲击韧性 公尺·公斤/公分 ²	—	—	0.3
压缩时的縮短 %	35~40	—	—
吸油率 %	2~3(重量)	25(容积)	18(容积)
20~100°C时的热导率 $\frac{\text{卡}}{\text{秒} \cdot \text{公分} \cdot \text{度}}$	—	—	0.1
20~500°C时的綫膨胀系数 $\frac{\text{公厘}}{\text{公尺} \cdot \text{度}}$	9·10 ⁻⁶ ~11·10 ⁻⁶	—	12·10 ⁻⁶
容許的最高負荷 公斤/公分 ²	150~200	—	—
加潤滑剂时对鋼的摩擦系数	0.009~0.01	—	—
不加潤滑剂时对鋼的摩擦系数	0.09 ~0.10	—	—

① “Металлокерамика Машиностроении” 1956。

② “1954年金屬研究工作報告會會刊”第4冊，有色金屬。

③ “德国 Tale 厂的产品說明書” 1952。

乙、抗張强度不得低于 15 公斤/公厘²，根据下式算出的：

$$\sigma_b = \frac{P}{S}。$$

式中 σ_b ——抗張强度，公斤/公厘²；

P ——負荷，公斤；

S ——試棒断面积，公厘²。

5. 寸檢驗：單环短軸承的尺寸按照圖紙进行檢驗。

四 有关鉄石墨含油軸承制造的 几个問題

1 鉄粉的生产方法 鉄粉的价值和它的质量，对于粉末冶金制品在工业中的广泛使用有着非常重要的意义。鉄粉的生产方法的选择正是决定于这两个因素。就目前国内的条件与制造鉄粉石墨油軸承所需鉄粉来講，目前可行的方法有以下几种：

(1) 用汉麦塔克(Hametag)法将鉄絲或廢鋼屑磨成鉄粉。若用鉄絲則太費原料，可考虑用廢鋼屑作原料。但需要專門設備，同时电力消費也大。德国生产軸承所用的鉄粉大半是用汉麦塔克方法生产的。

(2) 用氫气还原鉄鱗粉末。我厂目前采用的就是这种方法。我們采用的生产过程是：原料→清洗→干燥→磁选→球磨→焙燒→球磨→过篩→还原→球磨→过篩→鉄粉。

在鉄粉生产的过程中，应该注意以下几个問題：

(甲) 原材料的选择：根据几个月来的生产，我們認為原材料选择是否得当，对鉄粉质量有着很大的影响，在选择原料时，我們認為以低碳沸騰鋼的鉄鱗为最好，同时硅的含量愈低愈好，含硅量愈高，則还原鉄粉的质量将愈差。例如，我們用含硅量不

同的两批鉄磷，于同样条件下还原的鉄粉如下：

	C	Fe _总	Fe _{金属}	S	Si	Mn
鉄粉Ⅰ	0.0181	97.48	94.09	0.0017	0.43	0.64
鉄粉Ⅱ	0.0136	95.39	89.38	微量	0.72	0.641

(乙) 氧化焙燒：鉄磷是 FeO 与 Fe_3O_4 的混合物 (大約60:40)。文献資料表明， Fe_3O_4 在 1000°C 左右的溫度下不能 完全还原，而在同样条件下， Fe_2O_3 就可以完全还原。所以，需将鉄磷在还原前进行一次氧化焙燒。

(丙) 还原：在一定的範圍内，溫度愈高，还原的速度愈快；但还原的溫度过高时，将产生燒結現象，这时，由于透气性急剧变坏，而将大大地影响还原速度。

用氫气还原鉄磷来制造鉄粉，不适于大規模生产，因为，氫气与电力的耗費太大。

(3) 用固体炭还原鉄磷粉末。上海材料应用科学研究所与科学院冶金陶瓷研究所，都进行过用木炭还原鉄磷的研究。我們也根据材料应用科学研究的工作进行了試驗。将鉄磷粉用0.5%面粉与5~10%水，另外加少許 NaOH ，(这样容易混合均匀)，作成餅状，烘干。然后，在一上釉的陶瓷罐內，鋪一層木炭粉做的塊餅，装满后用盖将罐封严。将一个个罐子堆于隧道密或倒焰窑中焙燒。升溫速度不大于 $100^\circ\text{C}/\text{小时}$ ，于 960°C 保溫30小时，然后随爐冷却。試驗結果： $\text{Fe}_{\text{总}} > 98\%$ ， $\text{Fe}_{\text{金属}} > 93\%$ 。

用这种方法生产的鉄粉价格便宜，适于大量生产；同时，鉄粉的質量也适于制造鉄粉零件。

2 制造工艺 鉄石墨含油轴承系由97%还原鉄粉与3%石墨的組合物用粉末冶金法制成的，其生产过程如下：

鉄粉 (97%)

石墨粉 (3%) 混合→称量→压制→燒結→浸油
→校准→倒角→复腊→
机油 (0.5%)

茲將鉄石墨含油軸承生产过程中某些問題說明如下:

(1) 混料: 按照 97:3 將鉄粉与石墨粉称好后, 另外加入 0.5% 机油在混料机中进行混合。加油是因为: 1) 鉄与石墨比重相差很大, 不易混合均匀, 加入 0.5% 机油时, 将有助于鉄粉与石墨粉均匀; 2) 在压制过程中起潤滑作用, 减小磨具的磨耗。

石墨粉除成分需符合技术条件外, 还必须考虑到石墨的粒度, 因为石墨的粒度与軸承的机械性能关系相当复杂。鉄粉細时, 一般采用較細的石墨为佳, 这时, 石墨顆粒位于鉄粉顆粒的間隙中, 并不妨碍鉄顆粒相接触。而粗石墨粉就会局部地把鉄粉隔开, 使其不能相互接触, 結果机械性能减低。相反地, 鉄粉較粗时采用粗石墨粉較宜。因为这时細石墨粉將把鉄粉顆粒表面完全隔开, 因而对軸承的机械性能产生極坏的影响。所以鉄粉与石墨粉的粗細应大致相当。

(2) 压制: 压制是在鋼压模中, 于油压机上, 在 4~5 吨/公分² 压力下, 將鉄石墨組合物成型为所需之尺寸与形状。

压模可用 Y10A 鋼来作。所用压模零件要进行热处理, 达到 $R_C 60\sim 64$, 并須將压模的成型表面拋光到鏡般光亮。

压模的使用期限决定于粉末的性能、Fe 模材料及制件形状的复杂程度。压制鉄石墨含油軸承时, 一付模具的可压制 25000~30000 件, 为了延長压模零件的使用期限, 可将其滲碳、滲氮或鍍鉻。

在設計压模时, 必須考虑到燒結时的收縮和脫模时的彈性脹大。鉄石墨含油軸承的收縮率一般为 1~2%; 彈性脹大在压制方