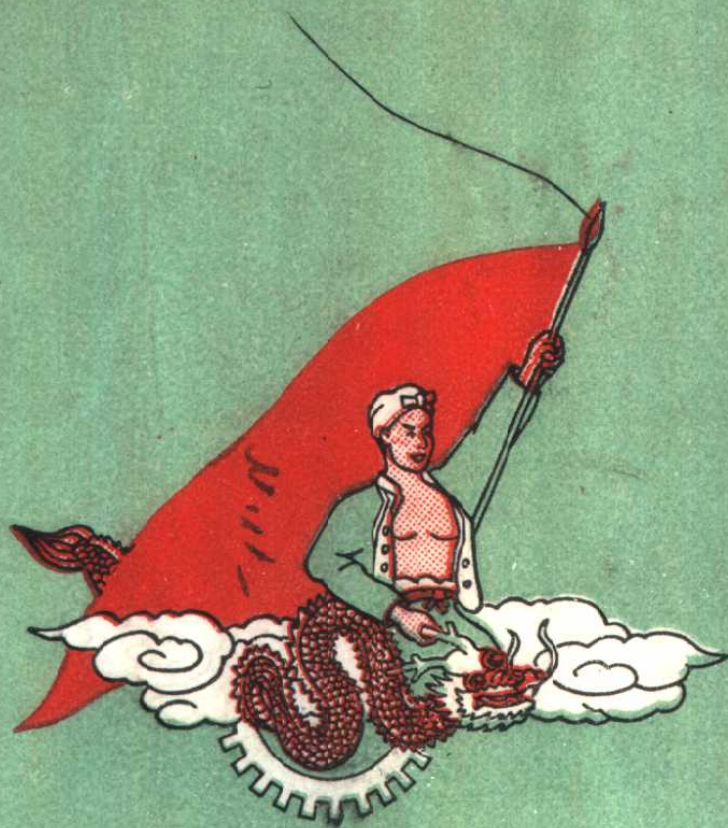




鉄—石墨含油軸承的 土法制造

清华大学热处理車間粉末工段集体編写

机 械 工 业 出 版 社

3.3/

出版者的話

清华大学机械制造系热处理及車間設備專業三、四、五年級的二、三十位同学，在党总路綫的光輝照耀下，發揮冲天干劲，經過百次的試驗，終于用土法制成了合乎标准的鉄 - 石墨含油軸承。他們利用的是廢料或价賤的原材料、簡陋的設備，完全不需要价昂而又难以購到的專用設備。因此他們的經驗是值得介紹的。

本書敘述他們用土办法制造鉄粉、压制、燒結、浸油及包裝的經驗，同时还說明了土制含油軸承的性能和应用範圍。

本書可供地方工业从事軸承制造的技术人員和技工参考。

編写者：清华大学热处理車間粉末工段

NO. 2508

1958 年 10 月第一版 1958 年 10 月第一版第一次印刷

787×1092¹/₃₂ 字数 41 千字 印張 1¹⁴/₁₆ 00,001—11,000 册

机械工业出版社(北京东交民巷 27 号)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版业营业

許可証出字第 008 号

統一書号 3 1374

定 “ 元

序 言

在党的鼓足干劲、力争上游、多快好省地建设社会主义的总路线光辉照耀下，全国工农业正以史无前例的速度突飞猛进。在大跃进的形势下，机械制造业是否能及时满足全国各地各种装备的需要，成为是否能迅速发展工业的关键之一。

发展工业所不可少的轴承生产量，目前已远远不能满足机械制造业迅速发展的需要。含油轴承生产是多快好省生产轴承的方法之一；原材料取之不尽，价格便宜，使用设备简单，制造过程工序少、周期短、成本低，而生产率高。含油轴承性能又可满足一般机械的要求。因之，全国是有可能大力发展，也很有可能全国轴承中有 $1/3 \sim 1/4$ 是使用含油轴承。自经第一机械工业部提出这问题后，全国各地都普遍试制含油轴承（大部分为铁-石墨含油轴承）。但是到目前为止，从原料选择、设备采用，以及制造工艺方面还没有一套成功的经验以满足多快好省原则，使之得到普遍推广。

我们，清华大学机械制造系金属学热处理及车间设备专业三、四、五年级二、三十名同学在党中央三勤四结合的方针指导下，在勤工俭学中深感到土法制造含油轴承的重大意义。在党的领导下，经过四个多月不下百次的试验和小批生产，在设备与工艺方面都进行了许多工作。这些工作有一部分得到外来单位交流经验的启发，现在已经掌握用简单而经济的设备和原料，大批的制造较高质量的铁-石墨含油轴承（金相组织、机械性能、表面精度 PV 值及摩擦系数等。均与国外指标符合，甚至超过）。我们已将制成的外径为 80 公厘的轴承用于 C 618 机床的主轴箱中代替 6307 的滚

动轴承。

我們所采用的工艺过程及主要設備：

一、原料——氧化鉄皮（鋼厂廢料，不需要錢，或化極少錢）。

二、清洗——一般水洗。

三、烘干——太阳晒，或使用地爐烘干。

四、磁选——永久磁鉄或电磁鉄。

五、粉碎氧化鉄——球磨机或石磨石輥。

六、焙燒——用地爐焙燒。

七、还原——木炭做介質，放在还原燒結煤爐中进行。

八、粉碎鉄塊——与粉碎氧化鉄同。

九、中間檢查——抽查还原鉄粉成分、粒度、松装比（可不进行）。

十、备料——将符合要求的鉄粉与石墨粉（掺入重量約0.5%的煤油）在球墨机或其他旋轉圓筒中混合。

十一、秤量——将配好的粉料按一定的重量秤好。

十二、压制——压床及压模。

十三、燒結——埋于 Al_2O_3 粉介質中用还原燒結煤爐燒結。

十四、浸油——浸于加热油槽进行浸油。

十五、校正（精压）——在压床上压以确定最后尺寸，高性能（机械性能提高、密度均匀）。

十六、檢查——一般用千分尺普遍檢查外形尺寸（大批生产时可用驗規）。每批抽測硬度，有条件时可进行显微組織、偏心率等。

十七、包装——塗油，包装并用腊封防銹。

我們生产特点是原料低廉，到处均有；設備簡單，均可自己制造；操作安全；質量很高。

本小冊子共分工艺及性能二章，第一章着重介紹我們所采用的工艺与設備，及与工艺有关的数据。力圖使讀者看了后即能制造。第二章深入的探討提高含油軸承的性能和扩大它的使用。

本小冊子是根据清华大学机械制造系金屬学热处理及車間設備專業同学在勤工儉学試制含油軸承过程中，經過集体总结編写出来的，在其他条件不同时，可能会有出入。有錯誤之处希指正。

1958.9.15.

3

第一章 土法制造含油轴承工艺及设备

第一节 铁粉的制备

用铁粉来制造含油轴承的第一道工序是制备很纯洁的细小颗粒的铁粉来，铁粉制备有以下几个步骤。

原料的来源与选择

一、铁粉原料：制造含油轴承的铁粉的原料往往采用氧化铁皮，因为这种原料价格比较便宜，各地都有（轧钢厂，锻压厂中均可大量得到）。且在物理性能及化学性能方面都能很好的满足要求，性脆易于粉碎。

我们采用轧钢厂的氧化铁皮，化学成分如下：

Fe: 72%, C: 0.09%, Si: 0.3%, Mn: 0.38%, S: 0.006%, P: < 0.04%。

但一般要求氧化铁皮成分为：

$Fe_s > 65 \sim 75\%$, $Si < 0.45\%$, $C < 0.25\%$,

$Mn < 0.5\%$, $S < 0.04\%$, $P < 0.04\%$ 。

Fe_s 量不能太低，否则在还原后不能得到良好的效果。含 Si、Mn 量多时还原性能差，含 Si 量多也会增加还原过程中的烧结，Si、Mn、S、P 多呈氧化物状态存在，影响轴承的压制和烧结性能。以上各量以控制含 Si 量为最重要，一般低 C 才能保证得到低 Si，因此氧化铁皮应采用低碳沸腾钢锭或低碳钢料的氧化铁皮。

除了氧化铁皮外也可利用低碳钢的切屑，磨屑，矿砂……经过适当的处理来作为制取铁粉的原料。

二、石墨要求灰分 $<5\%$ ，粒度一般小于 75μ 。

清洗 由軋鋼廠中拿來的原材料都混着很多的灰分泥土等不干净的髒東西，而制造上對鐵粉的要求（成分）要求又很高，故清洗是個不可缺少的工序，由於原材料含灰分等雜質多少不同，故清洗時間也不能有一規定，一般是用清水沖洗，直到洗的水到清水為止。我們所用的洗滌設備是用水泥和磚砌成的水槽（圖1）。

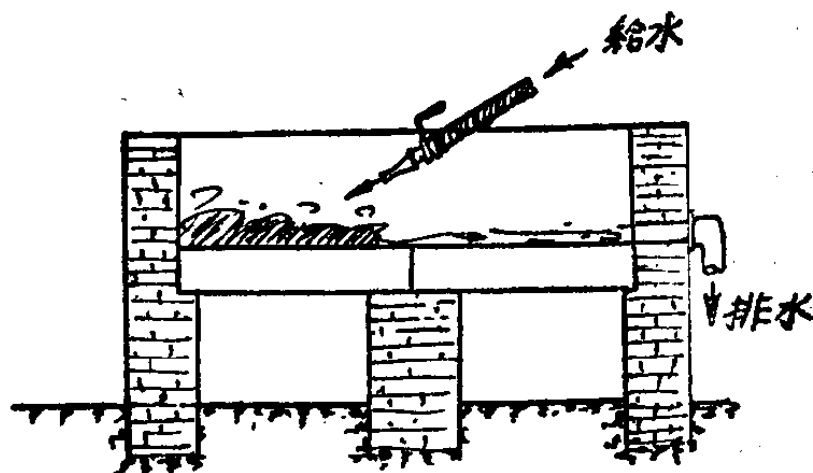


圖 1

烘干 被粉碎的氧化鐵皮應該是乾燥的。故而在粉碎以前須把已清洗的氧化鐵皮烘干，烘干用燒煤地爐即可。溫度要求不嚴，在烘干過程中注意不讓灰分進入。

比較經濟方便的設備可採用下述方式，如圖2和圖3所示。

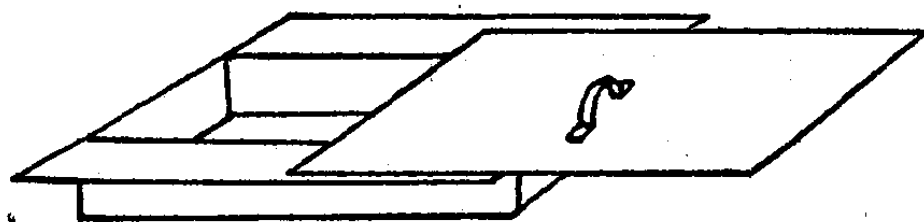


圖 2 烘干焙燒鍋。

用磚壘成可容圖2容器的爐子即可（圖3）。在停止鼓風後灰分很少，便把蓋子打開烘干，這樣可以使水分蒸發得快，烘干後的氧化鐵皮放在乾淨容器中，使它冷卻。

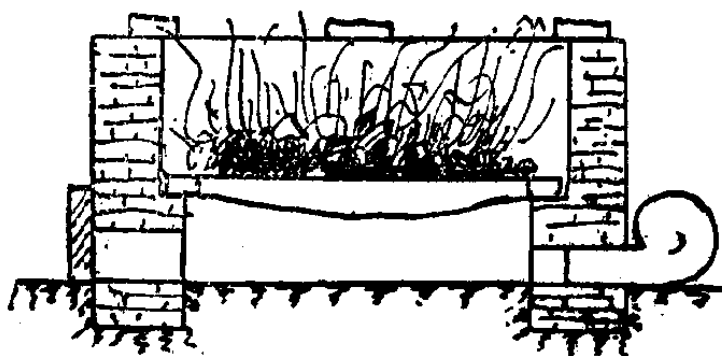


圖3 焙燒烘干煤爐。

除人工烘干外还可利用自然烘干（太阳烘干）。

磁选 已經烘干了的氧化鉄皮中摻有顆粒大小不同的雜質，必須去除，但在清洗过程中

是洗不掉的，故須經磁选这一过程去掉这些雜質。磁选的原理是利用磁鉄周圍有磁場分布，磁場对鉄磁物質有作用力存在，利用磁鉄这一特性把氧化鉄皮从摻有雜質的混雜物中分离出来，得到較純的氧化鉄皮。

圖4所示系磁选机，它利用氧化鉄皮自重从箱底的孔流出，在流經道路的外側放一强磁場（永久磁鉄或电磁鉄），这样帶有磁性的氧化鉄皮就改变了直綫下落的方向，而被磁場吸引向外側偏斜，流入純淨的氧化鉄皮容器中，而雜質仍按直綫方向下落到另一容器中。

这种磁选机特点是結構簡單，使用方便。

圖5所示为另一种磁选机，全部結構是木制的。

操作过程：料从1处放到布带上，用手搖主动輪，把鉄粉輸出到主、

从动輪之間，此时鉄粉被磁鉄吸起，从动輪依靠摩擦随主动輪一起運轉，就把吸起的鉄粉送到3的容器中，而雜質随主动輪帶動的布帶流到4的容器中，这样氧化鉄皮与雜質就分离了。

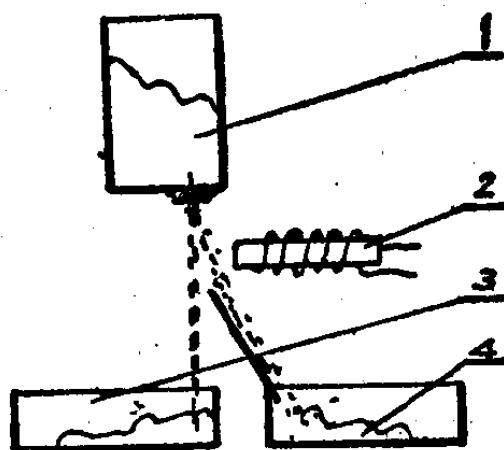


圖4 磁选装置：

1—原料；2—磁鉄；3—氧化鉄；4—廢料。

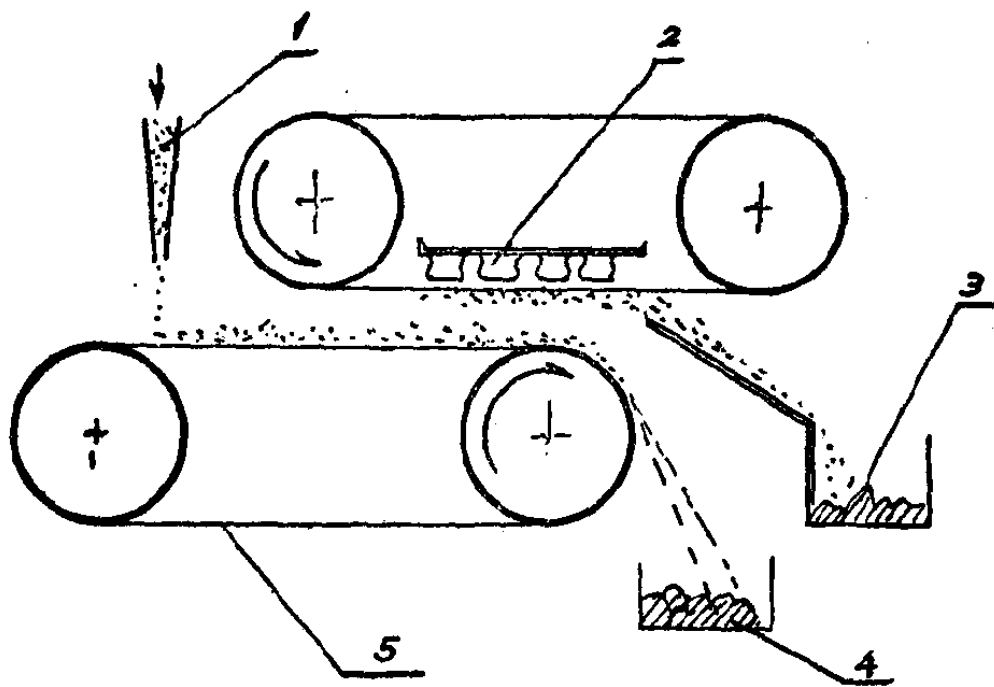


圖 5

此机特点是选择效果好，生产效率高，不須电流，但結構較為复杂，用永久磁鉄的数量較多。

粉碎氧化鉄 粉碎的目的是为了把較大塊的氧化鉄皮搞碎到一定細小的粒度，这样可以提高还原質量，也有利于还原后的粉碎工作。

为了达到以上粉碎的目的，在不影响或極少影响灰分增加的条件下，可利用各种設備来进行粉碎工作。

通常采用的粉碎設備为球磨机。圖 6 为大型球磨机适用于大量生产，其有效直徑为 0.5 米，長度約 1 米，但是这需要較大功率的动力装置，一般价格較昂貴，但效果較好。

圖 7 所示为小型四联式球磨机，結構簡單，制造方便，可以自行制造。

应用球磨机粉碎时，将鉄球和氧化鉄粉按 1:1 的比例装入球磨机罐中，由于片状原材料大小不同所以球磨的时间也不相同，加入一次装入量也可不同，因而規定時間是沒有意义的。球磨至

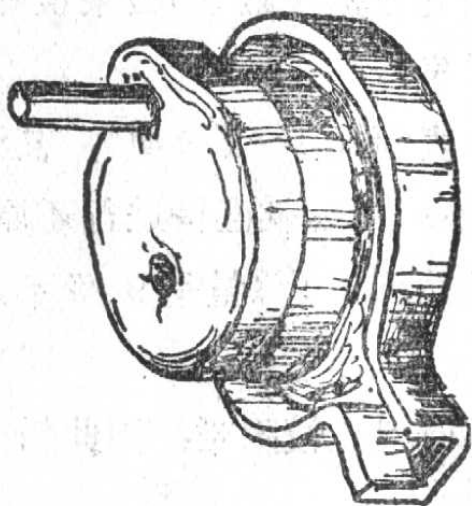


圖 8 石磨。



圖 9 石輥。

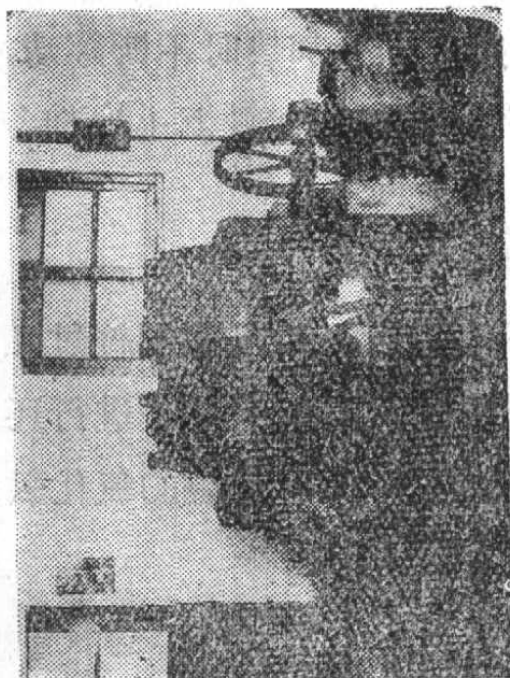


圖 6 大型球磨机。

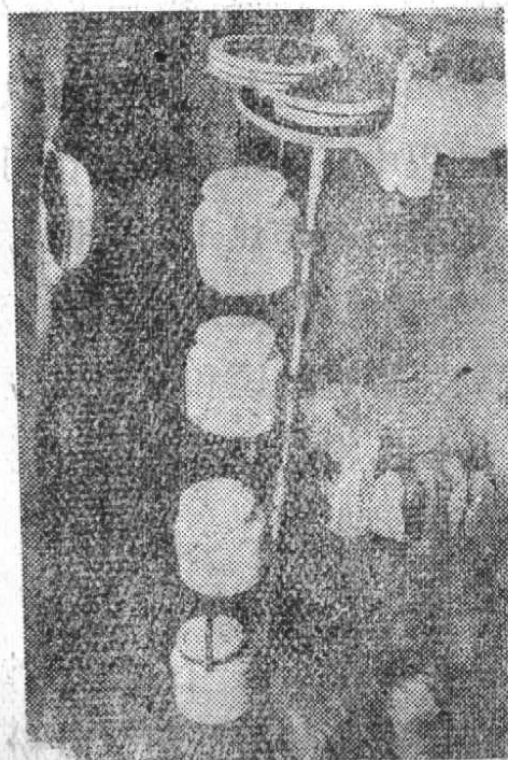


圖 7 小型四联球磨机。

一定程度后取出一定样品用篩分析，几乎全部过 100 目篩时即停止球磨（或更粗一些）。

在粉碎設備中也不一定要用机械球磨設備，我們在生产中也采用普通磨面粉用的石磨（圖 8）碾米用的石碾（圖 9）效果很好。經過化学分析証明灰分增加不多，效果良好。

我們采用的鱗片状氧化鉄皮原料，表面在 $1\sim 2$ 公厘²，甚至更小，我們已經成功地試用不經球磨，不經焙燒就直接进行还原，其結果不影响还原質量（用固体还原法达到 Fe 总量是 98% 不比經過球磨的差）。

但考虑到得到粒度很細小的上述原材料比較困难，因此粉碎氧化鉄皮的工作还是不能忽略的。

焙燒 球磨后的氧化鉄粉为黑色的 Fe_3O_4 将其放于烘干焙燒鍋上，利用烘干焙燒爐加热到 $500^\circ\text{C}\sim 600^\circ\text{C}$ 左右，經過約 $0.5\sim 1$ 小时，使 Fe_3O_4 轉变为暗紅色的 Fe_2O_3 ，焙燒过程中希望氧化鉄粉与空气大量接触，使加速氧化。因此可以在加热时不断翻动，观察鉄粉顏色成暗紅色时就可以将氧化鉄粉平鋪在鉄板上冷却，在冷却过程中还能增加氧化作用。

焙燒設備与烘干同可参考圖 2 圖 3。

焙燒的目的是为了有利于还原順利进行，但是我們經過几次的試驗將經過焙燒和沒有焙燒的氧化鉄粉在同样条件下进行还原后，比較所得結果，並沒有得出經焙燒后較沒有焙燒的氧化鉄粉有更好的效果。

还原：

一、概述：鉄-石墨含油軸承主要原料就是純鉄粉末。还原的目的就是将焙燒好的氧化鉄粉用固体炭把它变成純鉄粉的过程。

还原后的純鉄粉經過分析成分为：

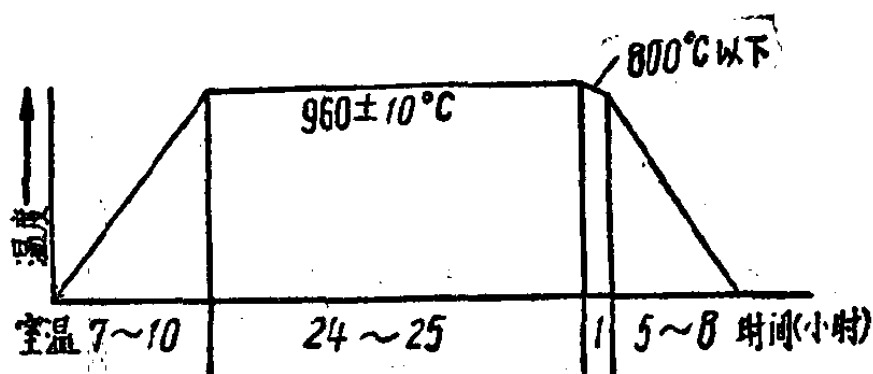
Fe _总	Fe	C	Si	Mn	P	S
98.55 %	92.1 %	0.562 %	0.195 %	0.35 %	0.027 %	0.030 %

一般 Fe_总 要求 >92~94% 就可以滿足。根据記載，Fe_总 在 80~90% 間也是可用的（用于不重要的地方），但是压制燒結后之軸承性能較差。

将氧化鉄粉还原为純鉄粉，一般可以采用气体还原及固体还原等方法。气体还原又分为氫气还原及水煤气还原。而固体还原一般采用木炭还原，亦可采用固气联合还原。以上方法以氫气还原效果和性能为最好，但設備昂貴，并不易控制，而固体还原使用設備最簡單，但工序時間較長，工件条件較繁重，鉄粉性能較差，但从我們生产的情况来看，采用木炭还原鉄粉中总鉄含量超过98%而达到 98.55%，經常稳定在 95~96%，鉄粉性能也很好，完全滿足軸承生产的要求。在本节中介绍木炭固体还原的方法。

二、工艺过程：用木炭固体还原的方法可以大致分为下列几个工序：装箱→密封→入爐、看爐→出爐、冷却→拆箱粗視分析及清理。

1. 在进行操作之前一定要选择合适的加热溫度和時間，以保証还原效果最好，而又最經濟。我們采用下列二种工艺规范：



根据一系列生产中摸索的經驗，我們認為以上二种加热规范对还原效果均能符合要求，但一般時間長、溫度高，易燒結成硬

塊，增加粉碎鐵粉的困難，使鐵粉變硬；時間短、溫度低使還原不完全，此外，估計在鐵粉中含碳及其顆粒大小上也會有影響。

當然上述數據是僅供參考，各生產單位應根據自己條件決定一加熱規範。一般說來如果容器大些，則保溫時間要適當延長；否則產生還原不夠的現象。

2. 裝箱：將焙燒過的氧化鐵粉用紙（什麼紙不限）包成一個個任意形狀的小包，厚度為2.5公分左右就行，太厚了還原所須時間過長，而過薄，則以後不易清理。一般長度不超過10公分為最好。將包好的氧化鐵粉與木炭層層間隔地放於還原箱中，上下間隔約3~4公分為宜。間隔大了就會影響鐵粉生產量，小了還原效果不好，周圍也有一定的間隔。為了保證還原效果，在還原箱上層和下層應該鋪一層較厚的木炭。

圖10表示裝箱的示意圖。

3. 密封：一箱鐵粉成敗的關鍵往往在於還原箱密封是否正確，密封不好，就可能漏氣，這樣還原很難進行，即使還原好的鐵粉也能再度氧化，前功盡棄。為了保證在 $900\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 的溫度下密封不被破壞，應該選擇適當的還原箱及合適的密封方法。

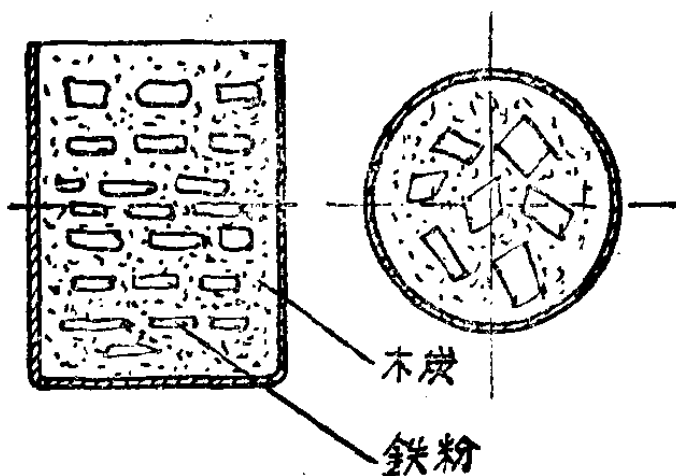


圖 10

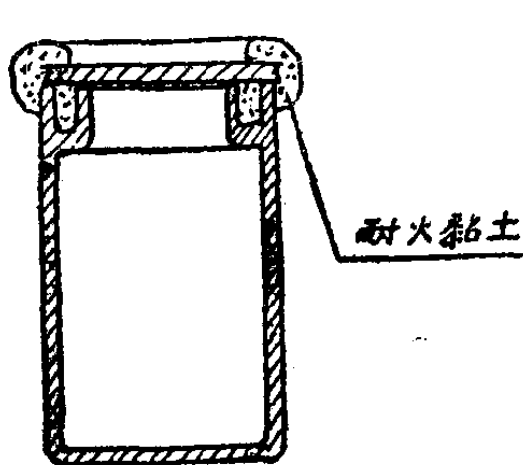


圖 11

1) 還原箱選擇：還原箱大小選擇要適當，一般是350（高）

$\times 300 \times 450$ 公厘³左右, 这样不致太笨重, 中心和边缘部分还原条件相差不大, 还原箱可利用鑄造或鋼板焊接。但是氧化很剧烈, 寿命不长, 因此鑄造时最好在型砂表面混以鋁鉄合金粉, 进行鑄渗使增加还原物表面鋁的成分, 可减少氧化。而采用鋼板焊接时, 应选用較厚鋼板 6~8 公厘以增加寿命。为了便于密封, 应将开口处选择在最小的面上, 使漏气的机会最少, 并且最好在箱口上有沙封装置, 以保证不漏气 (圖 11 所示)。

2) 箱盖密封: 装箱完后将箱盖盖好。用耐火粘土加入总量 1/10 的水玻璃, 再加入适量水进行攪拌, 使泥不过稀过稠。这样就可以用它来塞住縫隙, 和糊箱口周圍, 繼之在外層再塗一層水玻璃, 阴干后即可入爐。

3) 入爐和看爐: 将已密封好的还原箱装入爐內, 就可进行升火加热, 这时必須有人在爐前操作, 以保证按照操作规范进行还原。溫度檢查可用眼观察或用热电偶来进行。

4) 出爐和冷却: 到了預定時間后, 停爐并使之冷却到一定溫度后, 即可出爐。这时可能在箱口处發現因密封不好而發出的一氧化碳燃燒火焰。这时就应用事先备好之耐火粘土进行搶救堵住漏口, 一般是放于空气中直接冷却, 若要使冷却速度增加可以在箱体表面潑上点水, 但切勿把水澆在箱口上, 以使水气进入箱內使發生再度氧化。

冷却过程对性急的人是一考驗, 往往由于急于看到結果, 而过早打开箱盖, 其实內部溫度仍相当高, 这样又会全部氧化。这个过早包含两点: 其一是箱子外面根本上还十分燙手; 另一則是对大器皿而言, 外面溫度好像很低, 其实內部溫度相当高, 所以只有当全部冷却到室溫才允許打开。

5) 開箱、粗視分析和清理: 開箱后拿出还原好的鉄塊微有

燒結，是銀灰色的純鐵塊，很容易與木炭分開，拿出后用鐵刷子將附在鐵塊表面的炭刷去。

往往由于漏氣及其他原因發生再度氧化和還原不足的現象，清理時必須將不符合要求的鐵粉分離。由于純鐵粉是銀灰色的，而氧化鐵粉是黑色的，這樣鐵塊越白，則成分越高；若為黑色且很松，手一擰即碎，這准是沒還原好。若是暗褐色，這說明已經再度氧化了。因此用肉眼很容易判斷而將其分離。

三、設備：如上述還原過程是把氧化鐵粉和木炭放在還原箱中，然后把安置于還原爐中，經很長時間取出，因此固体還原須要有一能加熱到 900°C 以上的還原爐，爐子可採用電爐（碳化硅棒或鎳鉻電阻絲電爐均可）或還原燒結煤爐（見圖 12）。用電爐設備投資多而且成本高，還原效果和煤爐一樣；煤爐結構簡單，價格低廉，需用材料及熱力來源全國各地皆有，可以普遍推廣，因此推廣使用煤爐來進行還原是最符合多快好省原則的。

圖 13 所示為煤爐，詳細圖紙見最后附圖 1。

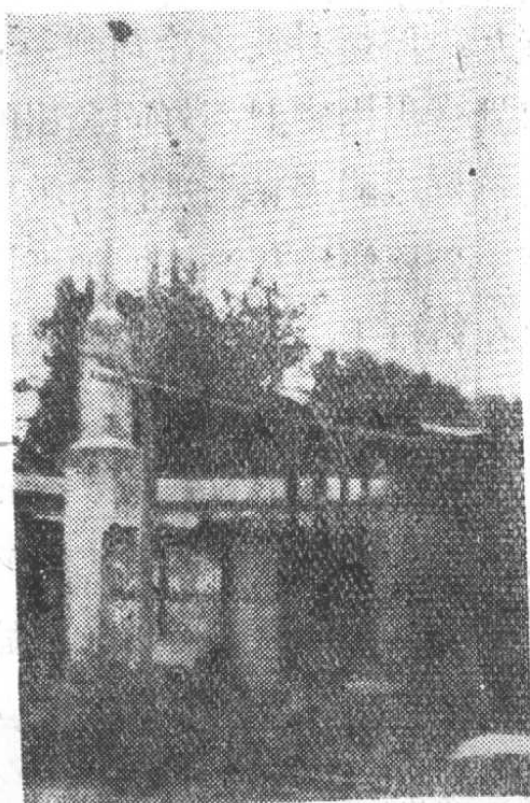


圖 12 自制還原燒結爐。

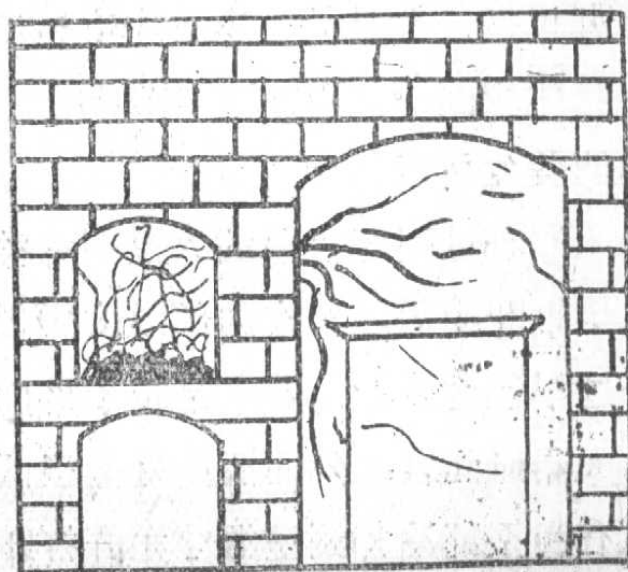


圖 13 煤爐工作剖面。

除了还原罐外，如上所述还必须要有装铁粉及木炭的还原箱。在密封一节中已经谈到了一般还原箱的结构，但考虑如果没条件得到上述还原箱，也可以用其他耐高温的代用品，例如瓦缸，下水道管子等。在使用陶瓷还原容器时应该注意它的传热性能很差，因此要加长还原的保温时间（比一般延长十小时）。而且应特别注意密封，其缺点是升温降温时间长了易裂，密封不好，废品率高，在实在没有办法时才采用之。

粉碎铁块

一、粉碎：将还原好经分析认为合格的还原铁块进行粉碎，粉碎设备与粉碎氧化铁皮的设备同，但我们认为将大块的铁块粉碎采用石碾最为合适，它既压碎了大块又可能将铁末碾得很细，也可用石碾作为粗碎而用球磨机或石磨作为细碎。用球磨机直接来粉碎大铁块其效果是非常差的。

二、过筛：将粉碎成粉末的铁粉过100目的筛，筛孔有0.1公厘，筛子可以买筛网自造。未过的粗铁粉可继续进行粉碎，直至能通过筛为止。为了减少体力劳动，可以制造简单的电动震动筛（见图14），利用偏心轮旋转惯性力的作用，就能使被软橡皮柱支持的筛架震动。

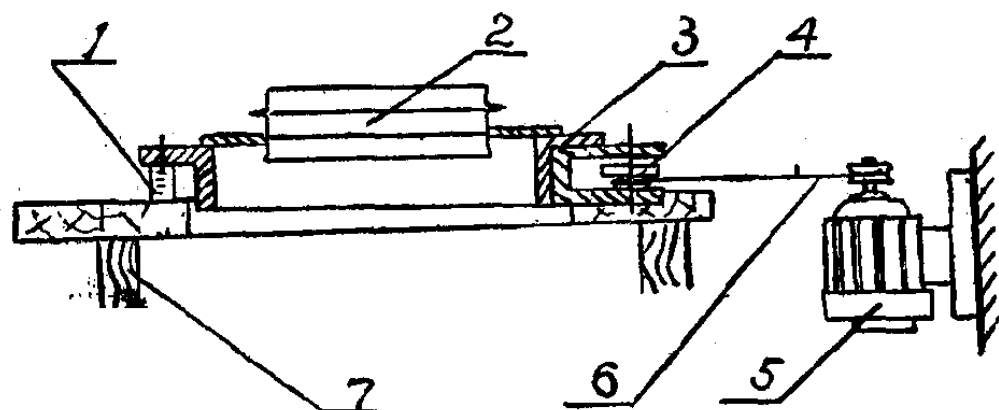


图14 电动震动筛：

- 1—橡胶柱；2—筛子；3—托盘；4—偏心轮；
5—电动机；6—皮带；7—底座。