

我国铁基粉末冶金的新发展



中南矿冶学院粉末冶金教育革命实践队
湖南省益阳市粉末冶金研究所
湖南省益阳市粉末冶金厂

一九七四·九·

毛主席语录

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。

我们必须打破常规,尽量采用先进技术,在一个不太长的历史时期内,把我国建设成为一个社会主义现代化的强国。

第 一 篇

铁粉生产现状和发展趋向

目 录

第一篇 铁粉生产现状和发展趋向

- 1. 固体碳还原法生产铁粉中的若干问题 (1)
- 2. 喷雾铁粉和喷雾预合金钢粉的现状 & 动向 (8)
- 3. 盐酸水冶法制取铁粉概况及其发展前景 (16)

第二篇 铁基零件生产工艺的新发展

- 4. 铁基衬套生产现况及提高质量的途径 (23)
- 5. 粉末冶金机油泵齿轮生产工艺的进展 (28)
- 6. 粉末冶金内外转子设计和生产的发展 (32)
- 7. 复压复烧工艺的应用效果 (42)
- 8. 浸透法在铁基零件生产中的应用 (48)
- 9. 粉末冷锻新工艺 (52)
- 10. 粉末热段工艺的研究动态 (57)
- 11. 铁基零件的后续处理 (72)

第三篇 铁基粉末冶金模具及设备的发展

- 12. 几种模具结构介绍 (79)
- 13. 压制设备的新发展 (84)
- 14. 铁基粉末冶金烧结炉的进展 (95)
- 15. 两种专用整形设备 (100)

附： 铁基粉末冶金零件部分照片

1. 固体碳还原法生产铁粉中的若干问题

当前, 固体碳还原法生产铁粉仍然是国内外铁粉生产的基本方法。

瑞典Hoganas公司是世界生产还原海绵铁粉历史最久、产量最大的工厂, 目前, 年产还原铁粉可能已达到二十万吨的水平。日本川崎制铁公司, 用固体碳还原轧钢铁鳞, 在一九七二年秋, 月产还原铁粉为一千五百吨。苏联Сулиский冶金工厂, 用无烟煤还原铁鳞的方法生产铁粉, 是苏联主要铁粉供应者。

在我国, 铁基粉末冶金的原料, 几乎全部是固体碳还原铁粉, 年产量已超过二万吨。

铁粉的质量, 对铁基粉末冶金工艺和制品的物理机械性能有着显著的影响。用固体碳还原法制的铁粉, 一般纯度不太高(含总铁在98%以下), 氧化夹杂也多。其中硅和氧不但使铁粉的压制性较差、影响模具的寿命; 而且严重地影响产品的物理机械性能。特别是粉末冶金高强度零件, 少量的杂质, 将对产品性能有显著的不利影响。因此, 寻求提高铁粉质量的种种途径已成为粉末冶金行业当前所注目的问题。

铁粉的成本在一定程度上决定了铁基粉末冶金零件生产的发展前途。特别是对于那些大型零件, 由于消耗的铁粉多, 如果铁粉的成本太高, 就很难显示出铁基粉末冶金零件的经济效果。固体碳还原作为大量生产铁粉的基本方法, 更需要努力降低铁粉的成本, 提高生产效率。目前, 影响铁粉成本的主要原因是: 煤耗多、耐火罐费用高、生产效率低, 因而铁粉成本一直在0.70—1.3元/公斤的范围内, 比普通钢材要贵得多。

在用固体碳还原铁粉的生产过程中, 由于粉尘多, 劳动条件差, 劳动强度大, 这不但影响着工人同志的身体健康, 而且也影响了铁粉的质量和生产效率。

综上所述, 铁粉质量、铁粉成本、铁粉生产的劳动条件是我国当前用固体碳还原铁粉生产过程中的三个主要问题。

我国粉冶战线上的工人阶级、革命技术人员以“鞍钢宪法”为指针, 广泛深入地开展群众性的技术革新和技术革命活动, 对整个固体碳还原铁粉生产工艺进行了改革, 取得了可喜的成果。现将有关问题综合归纳如下:

一、关于工艺流程

固体碳还原法生产铁粉的传统工艺流程见图1。

从图1所示工艺流程可以看出, 磁选在烘干之后进行。而为了提高磁选效率, 烘干温度必须限制在550℃以下, 因为铁鳞的主要成份是 Fe_3O_4 (有磁性), 当温度超过550℃时, Fe_3O_4 氧化成 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (无磁性), 因而烘干温度超过550℃时, 降低磁选效率。虽然, 在810℃以上的高温下 Fe_3O_4 氧化成有磁性的 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, 对磁选效果并无什么影响, 然而为

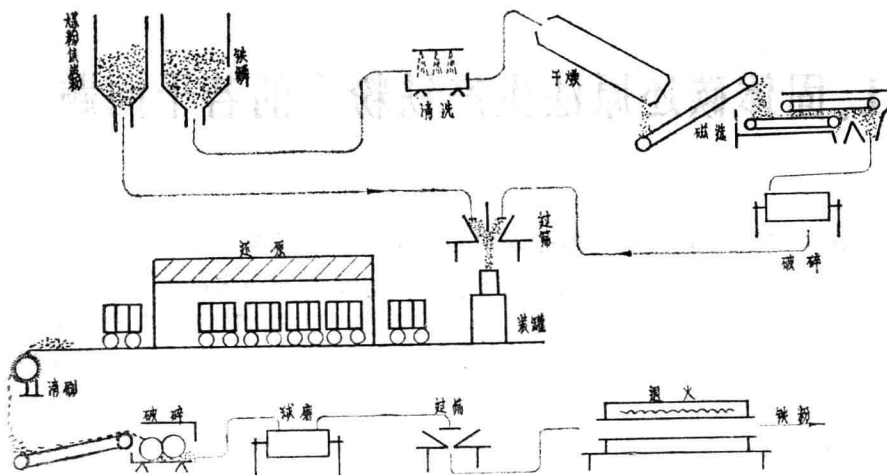


图1 固体还原法生产铁粉的传统工艺流程

了加速还原过程，人们总是期望通过氧化焙烧使面心立方晶格的 Fe_3O_4 转化成密排六方晶格的 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ，而不希望转化成与 Fe_3O_4 同一晶格类型的 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 。这样，在后面的还原过程中由于晶格类型的变化，使 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 转化成 Fe 的过程中引起点阵畸变，产生大量的点阵缺陷，有利于还原气体的扩散，从而加速还原过程。

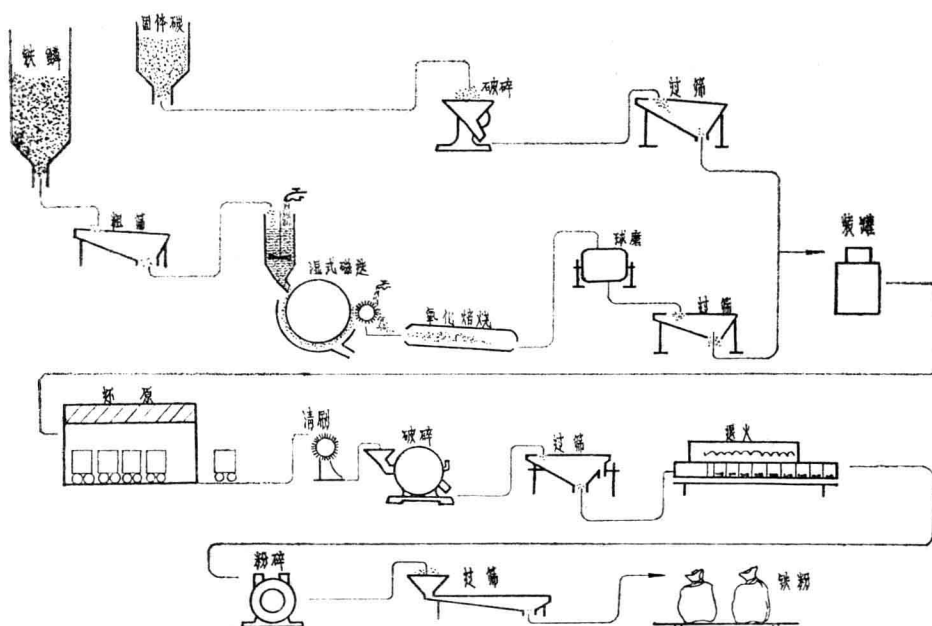


图2 固体碳还原法生产铁粉的革新工艺流程

如果采用图 2 所示的工艺流程将既可解决氧化焙烧与磁选之间的矛盾，又能缩短工序、实现自动化、提高磁选效率、改善劳动条件。

新的工艺流程与传统的工艺流程的不同之处就在于新的工艺流程采用了湿式磁选，将使传统工艺流程中的水洗和磁选合为一道工序进行，缩短了工序。并将烘干放在湿式磁选之后，这样，它不但起到了烘干的作用，而且可以不受磁选的限制，将烘干温度提高到 550°C 以上，起到氧化焙烧的作用，使面心立方晶格的 Fe_3O_4 转变成密排六方晶格的 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ，有利于加速还原过程。

二、关于湿式磁选

目前，国内的铁鳞原料，一种是拉丝铁鳞，里面泥沙少，杂质含量低；另一种是轧钢铁鳞，里面掺杂有大量泥沙，且有大块氧化铁皮，必须经过粗筛、水洗，才能作为磁选原料。对于后一种铁鳞原料，通过磁选降低铁粉中杂质硅的含量显得十分重要。铁鳞中的 SiO_2 在还原过程中形成很难还原的 FeSiO_4 化合物，不但影响了还原效果，而且使还原铁粉的压制性变差，严重影响模具的使用寿命，同时还降低了产品的物理机械性能。

为了提高磁选质量，在传统的磁选设备和方法上，有的采用履带式磁选机，南北磁极交替安装，使铁鳞在磁选过程中不断翻滚达到提高磁选质量的目的；另一方面，采取多级多次磁选的方法进行精选。有的采用圆盘式磁选机，通过调节两盘间的上下距离及多次多级磁选来提高磁选质量。另外还采取了控制加料量和传递速度等方法。但总的来说，磁选质量尚不理想，特别是磁选效率低，同时粉尘飞扬、劳动条件差。

改用湿式磁选机进行磁选，不但可以把水洗和磁选合为一道工序，而且提高了磁选效率和质量，改善了劳动条件。其工作原理见图 3。

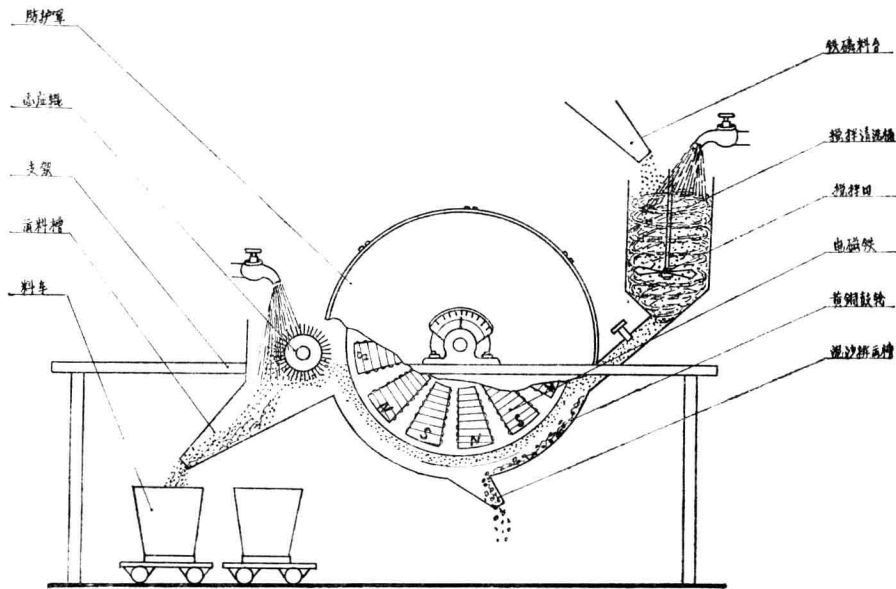


图 3 湿式磁选机工作原理图

三、关于装罐方法

目前，国内除个别厂采用层装的装罐方法以外，绝大多数厂都是采用环装法。其中层装法装罐麻烦，效率低。还原时，内外温差大，往往产生夹生，如图 4 所示。而环装法往往也出现夹生现象，甚至有时外层过烧，而中心却仍然夹生，如图 5 所示。虽然减

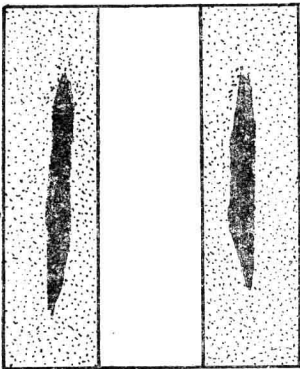


图 5 环装海绵铁中夹生示意图

薄料层厚度，延长还原时间可以消除夹生，但是这样使得产量相应减少。生产周期相应拉长，生产效率降低，粉末成本提高。

从环装海绵铁块夹生情况可以看出，尽管还原开始阶段内环的温度由于热的传递的原因而比外环低，但夹心的位置却不在靠内环表层，这说明气体扩散过程是影响还原的内在因素。内外环表层与还原剂的距离近，还原气体（CO）首先与之接触，因而先被还原，然后向内部扩散，进行还原（图 6）。由此可见，扩大还原剂与铁鳞的接触面积，是加速还原过程的有效途径。因此，将装罐方法改成柱装法可以提高还原质量，避免或减少夹生现象。而且每罐的装料量比原来环装法多装了 3 ~ 4 Kg。从而提高了产量，而且缩短了还原保温时间，减少了煤耗，降低了成本。

表 1 是某厂两种装罐方法的还原效果比较。

表 1 环装法和柱装法还原效果比较

装罐方法	罐子尺寸 (内径×高 mm)	装铁鳞量 (Kg/罐)	还原剂	还原温度 (℃)	保温时间 (小时)	煤 耗 吨煤/吨粉	质 量
环 装	∅210×350	9~10	木 炭	1020~1040	45~52	3.0~3.2	有夹生和氧化、还原块硬
柱 装	"	12~14	"	"	40~44	2.0~2.5	夹生氧化现象少 铁粉海绵疏松

柱装法的装罐方法如下：

先用废报纸做成 ∅35 的纸筒，每筒可装铁鳞 1.1—1.2kg（对于 ∅230/∅210×350 铁皮

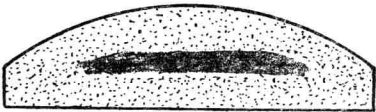


图 4 层装法中的夹生示意图

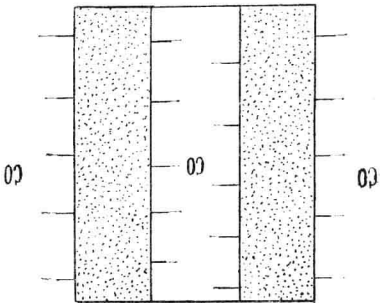


图 6 环装 Fe 另还原示意图

罐)，每罐装11-12柱(筒)，然后在各筒之间的空隙里放入木炭粉，再在上方盖上一层木炭粉和废铁鳞，最后加盖密封(图7)。为了加快装罐速度，可以做一个专门的装料漏斗，其装罐速度略慢于环装法。

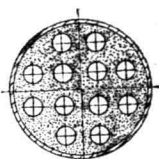
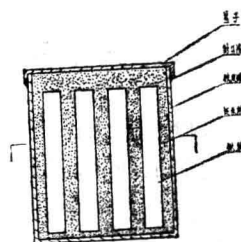


图7 柱装法示意图

四、关于还原罐问题

据统计，由于耐火罐耐急冷急热性差，平均使用寿命仅3-4次，而装在其内的铁皮罐其使用寿命也只5-6次。

还原耐火罐的耗损和煤的消耗，是导致铁粉成本高的主要因素。而煤的消耗又是由于耐火罐和铁皮罐之间装了一层焦炭粉，因而导热性很差，使得还原保温时间长，造成煤耗过大。因此，改善还原罐的导热性，加快升温速度，缩短保温时间，对于减少煤耗、提高生产效率有很大意义，也是降低铁粉成本的有效途径。

从这一点出发，若采用单层耐火罐或采用抗氧化性好的金属罐，会有明显效果。

阳泉粉末冶金厂，鞍山粉末冶金厂，韶关粉末冶金厂等许多单位，大胆革新，废除过去那种耐火罐套铁皮罐的装罐方法，采用单层小耐火罐（内部上轴），直接还原，不但简化了装罐方法，而且改善了传热性，缩短了还原周期，减轻了劳动条件，节省了用煤和大量的钢板，同时还充分利用了炉腔的有效空间，提高了产量。

实行这一改革后，铁粉成本降低到0.7-0.8元/公斤。但是采用此法，还原铁块氧化严重，务必采用较高的温度退火，铁粉质量亦不稳定。

上海中国纺织机械厂，一直采用马口铸铁罐直接还原，保温时间仅需二十四小时，但没有解决罐子的抗氧化问题，罐子的使用寿命只有3-4次。因此，铁粉成本依然较高。

实验表明，采用渗铝铁皮罐直接还原，可以甩掉大耐火罐，劳动强度亦可大大减轻。更为重要的是，由于采用了铁皮罐渗铝的新工艺，使罐子的抗氧化能力大大提高（因为通过渗铝后，罐子表面形成了一层致密的氧化铝的薄膜）。同时也克服了耐火罐的耐急冷急热性差的缺点，因而有效地提高了还原罐的使用寿命。通过试验证明，渗铝铁皮罐在1000~1040℃下直接用来还原铁粉其使用寿命累积在300小时以上。经过在高温下长期使用后，当表面铝浓度降至8%以下时，则罐子表面的 Al_2O_3 薄膜已不是连续致密的了，氧化速度迅速增加，罐子便开始溃烂穿孔。但在使用过程中，如发现罐子表面氧化铝层有局部破坏现象，可用水玻璃调耐火泥及其他成份进行表面涂敷，则可继续延长其使用寿命。

铁皮罐渗铝的工艺过程如下：

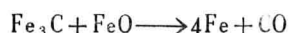
除油 → 酸洗 → 水冲洗 → 助镀 → 烘干 → 液体渗铝 → 高温扩散退火

在整个工艺过程中，渗铝之前的各道工序，均是为了除去罐子表面油污、氧化铁皮等，使罐子表面清洁干净，易于在渗铝过程中使罐子表面附着铝液。经扩散退火后，罐子表层形成一层抗氧化性能良好的致密的 Al_2O_3 薄膜，而内层（即铁与氧化铝的接触层）则形成了Al-Fe合金以保证表层的 Al_2O_3 薄膜不易脱落。

五、关于铁粉退火问题

铁粉退火是提高铁粉质量的主要辅助工序，其作用有二：一是消除铁粉在粉碎过程中所造成的加工硬化，提高铁粉的塑性，改善压制性能。其二是进一步降低铁粉的含氧量和含碳量，提高铁粉的含铁量，既改善了铁粉的压制性能，也对提高铁基另件的物理机械性能有良好的作用。

当前，我国固体碳还原铁粉的退火，大多数是将铁粉装在铁皮罐内，用耐火泥密封，在700~800℃下退火5~7小时，这种方法有的称之为“焖火”。通过这种方式进行的退火，一般能使铁粉的含铁量达97%以上，能够达到我国暂行铁粉标准HF-Ⅱ级水平。但是，这种退火方法，对提高铁粉含铁量是有限的。因为它没有外界还原气体对其起作用，仅是铁粉本身所含碳和氧相互作用而导致铁粉的碳和氧含量的下降。其主要反应有：



生产实践证明，在氢气或分解氨保护气氛下进行退火，能显著地提高铁粉质量。其含铁量可以稳定在98%以上，氢中失重为0.2~0.4%，含碳量低于0.1%。能达到我国暂行铁粉标准HF-I级水平。铁粉质量之所以能达到HF-I级铁粉水平，就是因为这种退火方式已不是如前所述的“焖火”了，而是有H₂气参与了退火反应。其反应如下：



因此，我国目前用复压复烧工艺或用粉末热锻工艺制取高强度铁基另件所用的原料，一般都是用氢气或分解氨作保护气氛退火过的还原铁粉。

从退火设备来看，宜采用炉管形状为扁而宽的管式连续退火炉。由于装粉的舟扁而宽，被退火的铁粉装得较薄，有利于还原气体和物料充分接触，这样增强了退火时的还原效果。从增加还原气体和铁粉的接触这一点看来，设计新的回转管退火炉，对于改进退火效果，提高生产效率，更进一步提高铁粉质量，可能会有其新的前途。

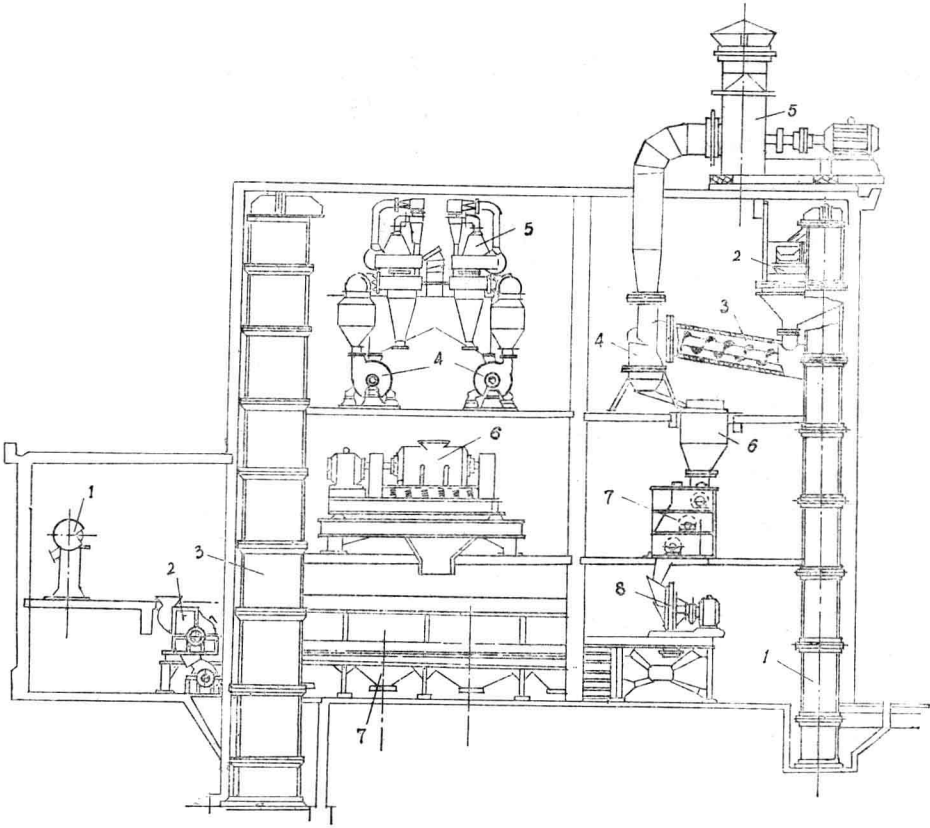
六、关于铁粉生产管道自动输送线

在铁粉生产过程中，一直存在着粉尘多、劳动条件差、劳动强度大、生产效率低等问题。因此，铁鳞和海绵铁处理的自动管道输送线，是当前铁粉生产中很现实的问题。

青岛粉末冶金厂，上海粉末冶金厂，宁波粉末冶金厂等单位均已建立了铁鳞和海绵铁处理的流水线；长沙江南粉末冶金厂，南京粉末冶金厂等将海绵铁处理过程建立了管道流水输

送线；为改善劳动条件，提高生产效率，创造了一定的条件。图 8 是青岛粉末冶金厂的铁鳞和海绵铁处理系统。

但是，目前铁粉生产的管道自动输送线并没有完全解决粉尘飞扬问题。因此，大米厂和面粉厂的管道输送装置引进到铁粉生产中来，看来是颇有意义的。



海绵铁处理系统

- 1—清刷机
- 2—锤碎机组
- 3—斗式提升机
- 4—万能粉碎机
- 5—收尘系统
- 6—振动球磨机
- 7—料仓

铁鳞处理系统

- 1—斗式提升机
- 2—振动筛
- 3—螺旋干燥器
- 4—旋风吸尘器
- 5—抽风机
- 6—中间料仓
- 7—三层滚式磁选机
- 8—笼式粉碎机

图 8 海绵铁和铁鳞管道自动输送系统

2. 喷雾铁粉和喷雾预合金钢粉的现状及动向

一、概况

目前,我国铁粉的生产,以固体碳还原占主导地位。几年来,虽然在提高铁粉质量、改造还原设备、改进还原工艺等方面作了不少工作,但仍没有从根本上解决以下问题:如铁粉质量不稳定,总铁含量97%左右;劳动强度大,劳动条件差;铁粉成本高(0.70~1.3元/公斤);无法生产预合金粉末等等。

随着我国铁基粉末冶金飞速发展,对铁粉的质量与性能也就提出了更高的要求。因此,大力发展喷雾铁粉和喷雾预合金钢粉具有重大意义。

喷雾法生产铁粉,在国外被得到广泛的重视。早在第二次世界大战时期,德国曼德斯曼公司,首先用高压空气喷雾高碳铁水制取铁粉的研究获得成功,并投入大规模工业生产,此法名叫R.Z法。嗣后,美国、法国等都相继用类似的工艺生产铁粉。近年来,国外喷雾铁粉的生产能力大为增长。例如,美国和加拿大,一九七〇年其还原铁粉的生产能力为一十一万六千吨,而喷雾铁粉的生产能力达一十六万八千吨。

在我国,喷雾制粉也取得了较大的进展。上海中国纺织机械厂、武汉、常德等都已成批生产喷雾青铜粉末。上海材料研究所研究用高压氮气喷雾不锈钢粉获得成功,并正在研究喷雾预合金钢粉。上海阀门厂用高压水喷制不锈钢粉用于阀门密封面的等离子焰粉末喷焊和氧炔焰粉末喷焊取得了很好的效果。南京粉末冶金厂早在1968年建成喷雾铁粉生产线并已投产等等。

二、喷雾铁粉的生产和应用

南京粉末冶金厂喷雾铁粉生产的工艺流程如图9所示。

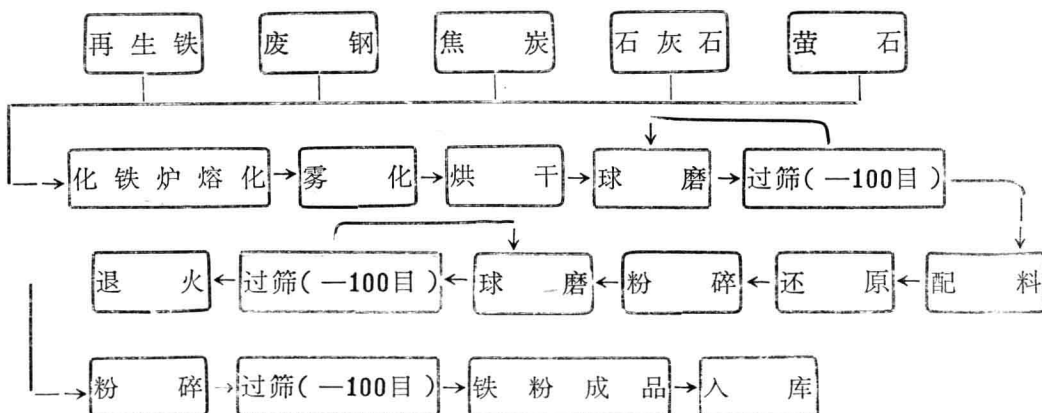


图9 喷雾铁粉生产工艺流程

下面介绍喷雾铁粉生产中的有关问题：

1. 熔化

化铁炉一般为铸造用冲天炉（图10）。该厂采用自身热风多排小风口化铁炉，将再生铁和废钢各50%左右加入化铁炉内进行熔化，以焦炭为燃料，以石灰石和萤石为造渣剂。熔化率每小时1.5吨，熔化温度1300~1400℃。

2. 喷雾

喷雾过程是将高压空气（ $6\sim 7\text{kg}/\text{cm}^2$ ）通过喷咀高速喷出并作用在熔融的金属流上，将其雾化成微粒。因此喷雾过程的实质就是金属液流吸收气流的动能转化成雾化金属表面能的过程。

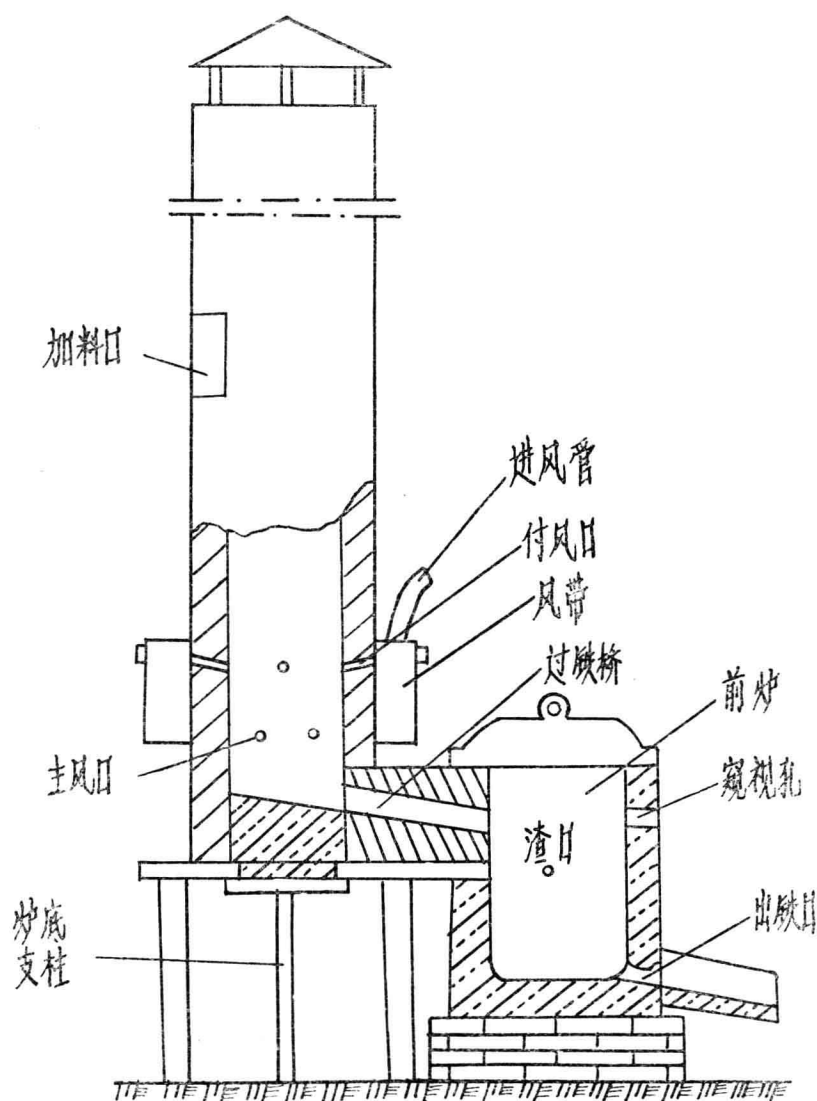


图10 喷雾铁粉用的化铁炉

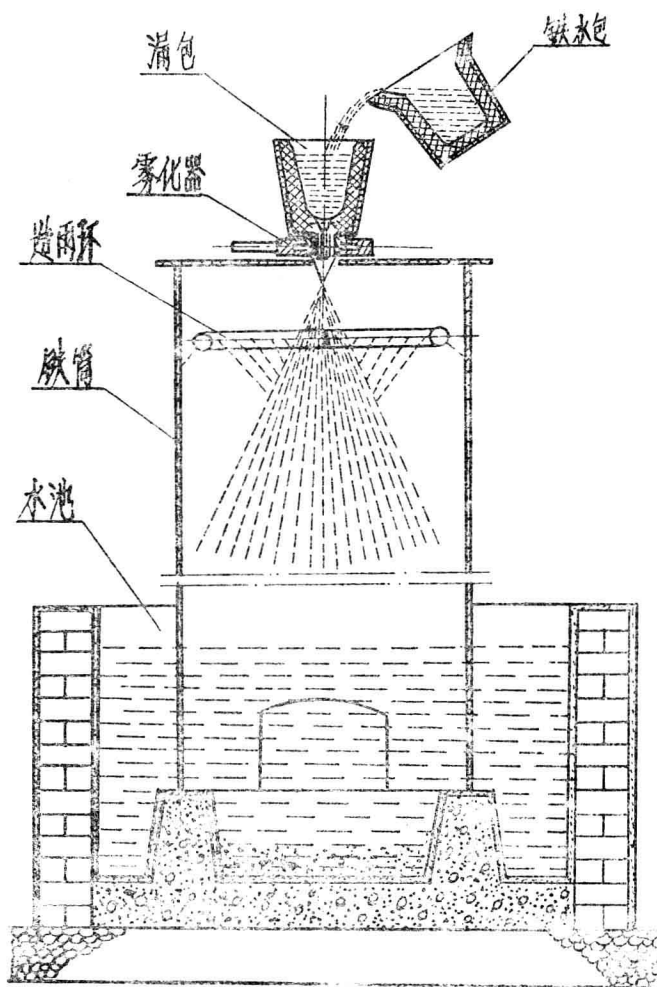


图11 喷雾过程示意图

铁粉的喷制过程是将熔化好的铁水倾入漏包，再流过 $\varnothing 8 \sim 10$ 的漏咀，当铁水流经喷咀时，被高压空气击碎，迅速落入水中，凝固成粉。（如图11所示）其漏包和漏咀结构示于图12。

南京粉末冶金厂采用的喷咀是四管切向通风，并在内咀上加有四个 $\varnothing 1.5 \text{mm}$ 的辅助风孔，以便消除内杯下端负压，减小铁水对漏咀的粘附。喷咀结构示于图13。

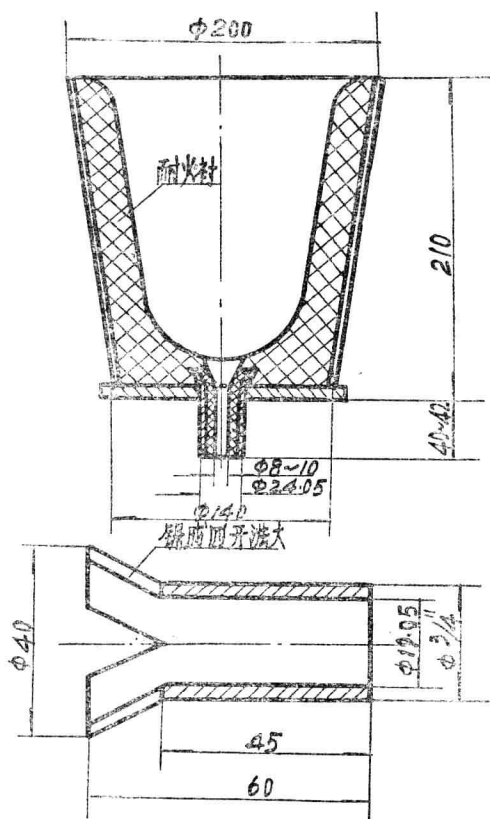


图12 漏包和漏咀结构

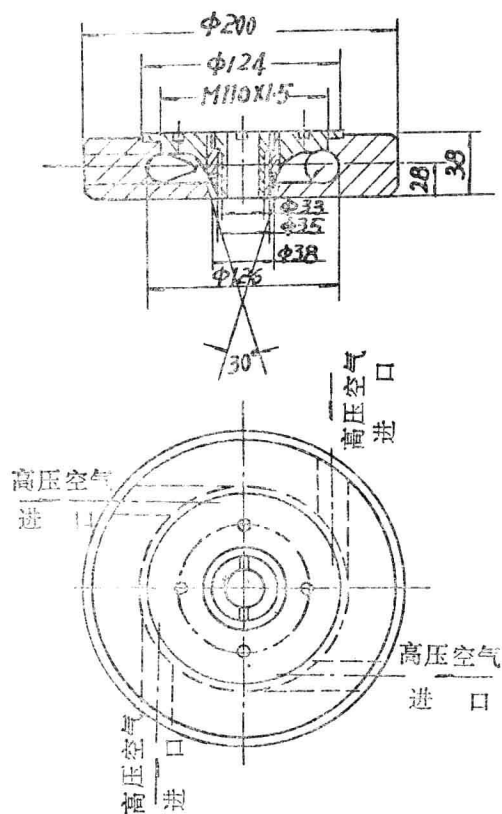


图13 喷咀结构示意图

喷雾时需注意控制以下几个条件:

(1)、熔炼后铁水的化学成份要求:

$\text{Si} \leq 0.25\%$ $\text{Mn} \leq 0.50\%$ $\text{P} \leq 0.06\%$ $\text{S} \leq 0.25\%$ $\text{C} 2.8 \sim 3.2\%$

(2)、铁水温度不低于1300℃。

(3)、压缩空气压力不小于5Kg/cm²。

(4)、漏包的漏咀直径为 $\varnothing 8 \sim \varnothing 10 \text{mm}$ 。

达到以上条件,雾化能力约为1.6吨/小时,细化粒度-80目约占40%。

3. 喷雾生铁粉的处理

喷雾所得到的生铁粉,再经烘干、球磨、过筛、配料、还原(脱碳除氧)、粉碎、再球磨、过筛、退火等处理,最后获得铁基粉末冶金另件所要求的铁粉。

喷雾的生铁粉,从水中取出后,应及时烘干,否则会生锈结块,增加其含氧量。

喷雾所得到的生铁粉其粒度要比所要求的粒度粗,所以需将其磨细。采用振动球磨机或

万能粉碎机均能得到很好的效果。

喷雾生铁粉中，其含碳量一般在2.8~3.4%的范围，故必须进行脱碳还原，在还原前要进行配料，就是调整生铁粉中的氧碳比。

一般按氧碳比为2:1计。如果氧不足，需外加氧化铁鳞粉，补加不足的氧量，并需要混合均匀，在还原时能很好地达到除氧脱碳的目的。反之，如果含氧量较高，碳量不足，则需加碳。且补加的碳量必须以固定碳计算。并且在装舟时，将补加的碳粉装在舟的底部，用废报纸隔开。较理想的是不另配氧和碳，使喷雾后的生铁粉半成品氧碳比在1.8~2.2的范围内。

喷雾生铁粉的脱碳还原过程与铁鳞的还原过程有显著的区别。这主要是在于前者是本身的碳还原本身的氧，因而其还原速度比后者的还原速度要快得多，其生产效率也高得多。

4. 喷雾铁粉的性能

喷雾铁粉具有松装密度大，流动性好等优点，但同时也有压坯强度低，烧结温度高等缺点，其化学成份和物理工艺性能列于表2、表3。由表3可以看出，喷雾铁粉的物理工艺性能显著优于还原铁粉。

表2 喷雾铁粉的化学成份

序 号	化 学 成 份 %						要求的化学成份	
	Fe 总	C	Si	Mn	P	S		
1	98.78	0.14	0.20	0.14	0.028	0.18	Fe总>97.5%	C≤0.25%
2	97.63	0.19	0.20	0.14	0.029	0.199	Si≤0.30%	Mn≤0.5%
3	98.07	0.19	0.198	0.14	0.031	0.217	P≤0.6%	S≤0.25%

表3 喷雾铁粉与还原铁粉的物理工艺性能比较

铁粉类别	颗 粒 形 状	松 装 密 度 (克/厘米 ³)	流 速 (秒/50克)	粉 末 粒 度	压 制 性 4 T/cm ²
喷雾铁粉	园球形和 菱 角 形	3.4~3.6	26	—200目 大于45%	6.3~6.4
还原铁粉	条形、片形 和菱形	2.4~2.6	45	—200目 大于50%	5.9~6.0

5. 喷雾铁粉的应用

南京粉末冶金厂生产的喷雾铁粉，主要用于以下几个方面：

①、用于铁基粉末冶金零件的生产

喷雾铁粉用于铁基粉末冶金零件的生产有其优越性。如松装密度大，压模高度低，流动性好，便于自动压制等。但也有不足之处，如压坯强度低，烧结温度高等。因此，在使用喷雾铁粉制取铁基零件时，应该很好地考虑如何发挥此种粉末的长处而尽量避免其短处。南京粉末冶金厂在使用喷雾铁粉生产铁基零件时，配入了适量的还原铁粉，使用效果较好。其使用情况列入表4。

表4 喷雾铁粉使用情况

序号	零件种类	配粉比%		松装密度 g/cm ³	烧结温度 ℃	零件物理性能		备 注
		喷雾粉	还原粉			布氏硬度HB	径向压溃强度 k	
1	农机零件	20	80	2.6~2.7	1100~1120	70~80	30~40	零件密度一般
2	油泵齿轮	20	80	2.6~2.7	1100~1120	76~88	>35	6.2~6.5g/cm ³
3	油泵转子	20	80	2.6~2.7	1100~1120	76~88	>35	
4	气门导管	30	70	2.7~2.8	1120~1160	76~88	>35	
5	导磁零件	70	30	3 ~3.2	1120~1160	——	——	6.8~7.2g/cm ³

②、用喷雾球形铁粉制造滤油器

喷雾法生产的铁粉，95%以上呈园球形。利用这一特点，可用喷雾粉末制造特殊用途的滤油器。

这种球形铁粉喷制出来以后，还需要经过烘干、筛选，再选择一定粒度的球形粉末经低温脱碳去氧（但不能使其结块）处理。

上海炼油厂和上海材料研究所用这种球形粉末，制造出了微孔管石油过滤器，并成功地应用于石油炼制工业。这一新工艺的出现，有效地取代了原来的板框压榨脱腊落后工艺。

③、制造用于喷丸清理，喷丸处理和喷丸成型的铁丸。

这种铁丸颗粒度要大，一般在15~40目之间，特别对喷丸处理和喷丸成型的铁丸形状要求圆滑，筛选后，要用选球机进行选别。可以不进行还原，也可以进行低温还原处理，这要看使用要求而定。

三、喷雾预合金钢粉

1. 简况

随着粉末热锻工艺的发展，为粉末冶金工艺制造高强度零件开辟了广阔的前景。目前，我国粉末热锻工艺的研究，尚处于用混合粉末为原料的阶段，材料的合金化完全靠烧结扩散来完成。因而，未能发挥合金元素对材料的充分强化效果。而采用喷雾预合金钢粉，则在进一步提高材料机械性能方面，可大大显示出其优越性。

因此，迅速发展喷雾预合金钢粉是当前我国粉末冶金发展中的一个重要课题。

在我国，利用高压水和高压氮喷雾不锈钢粉，早年已研究成功，并已投入小批量生产。

上海材料研究所在成功的喷雾不锈钢粉的基础上，最近又开始了喷雾预合金钢粉的研究工作，并已取得初步成效。

从喷雾预合金钢粉的材料体系来看，目前已研究或正准备研究的有如下几种体系。

①、4600合金粉：这是国外大量采用的低合金钢粉，其成份是：

Ni：2% Mo：0.5% C：0.15% 余为Fe