

委内瑞拉奥里诺科热压块铁厂投产

[美] R.L.Hunter 等

[日] Y.Kuwata

最近,一家生产米德雷克斯热压块铁的新厂在委内瑞拉建成投产,简称奥里诺科热压块铁厂(OPCO),年产热压块铁0.83Mt,产品主要供出口,以北美为主要市场。

这是首次米德雷克斯直接还原炉与蒸汽重整炉相结合用于工业生产,该厂的成功投产表明:米德雷克斯竖炉与蒸汽重整炉相结合是可行的,同时也表明,圣伊西德罗矿容易还原,便于制成热压块铁。OPCO的实践表明,采用直径为6.5m的竖炉不仅能直接还原,而且具有许多优点,该厂的第一个米德雷克斯—马加莫德(Midrex-Megamod)竖炉也是当今世界上最大的直接还原竖炉。

1 基本情况

OPCO厂是在粒铁工艺老厂的基础上改造而成的。原称高铁压块法(HIB)。由于经常发生设备故障不能正常运转,同时由于直接还原技术的进步,促使HIB法不得不进行改造。

1981年,米诺尔卡公司决定停产并开始寻求新的更迭办法以改造现有设备,经与米德雷克斯公司谈判,决定委托其开展可行性研究并于1985年3月完成,认为对原有老厂进行改造在技术上是合理的,在工业生产上也是可行的。技术上的问题主要是流态化反应床,采用米德雷克斯竖炉就可以完全取代。可行性研究还包括市场调查,事实上,出口的需求量很大。

根据这一可行性研究,公司决定对老厂进行改造,并迅速恢复生产,为加强工程的实施,1985年8月与日本神户制定了工程改

造方案。

2 工程体制

1986年10月签订了基本合同,其主要内容是工程建设、经营和贸易由神户设在当地的经营公司OPCO管理,租借期11年。在此期间,OPCO负责生产和市场销售,租借期满后,将该厂连同培训的职工及建立起来的市场和一切良好的操作条件一起全部还给米诺尔卡公司管理。

此外,还与铁矿公司、电力公司签订了供矿和供电合同,还与委内瑞拉国家石油公司签订了供应天然气的合同。为了资助该工程和开辟产品市场,五家日本贸易公司组成了一个国际财团。

3 老厂简介

1) 固体流程

高铁压块厂以-10目的铁矿粉为原料,为此工厂配置了与一条回转干燥窑配套的破碎筛分系统,年产铁矿粉1.5Mt,用石化碳喷射装置将这种物料送入2级流化床将温度首先预热到320℃,而后再升温到870℃(见图1)。第二级预热装置以天然气作燃料,第一级预热则采用第二级预热的废气作燃料,分级的目的是使之接近对流系统的效率。

然后将预热的矿粉送入还原反应器,为充分发挥效率,还原也分级进行。首先还原成FeO,而后在第二级再进一步还原,其金属化率约为63%。反应器在约2kg/cm²的压力下操作,气流进口温度约850℃。因原设

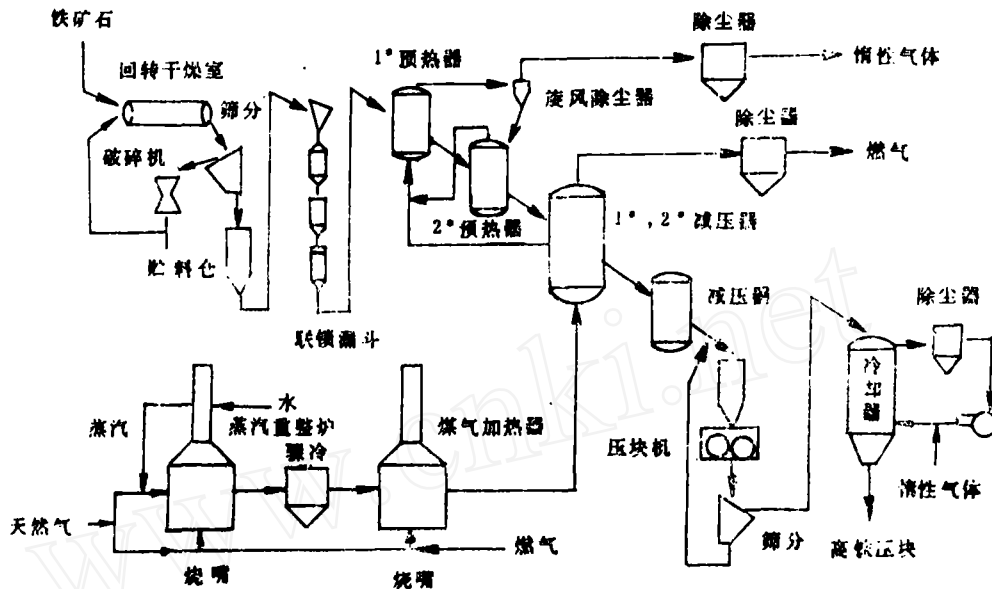


图1 HIB老厂工艺流程图

计产品用作高炉炉料，因此所得金属化率可完全满足要求。

热还原铁粉从反应器排出，经惰性气体运送装置送到缓冲仓后再压成热压块，热压块采用逆流式惰性气体冷却器进行冷却。

2) 气体流程

用3台蒸汽—甲烷重整炉发生还原气体，即 H_2 、 CO 和蒸汽的混合气体，并在一系列热交换器中冷却，将过多的蒸汽冷凝为水排出，所剩下的还原气绝大部分是 H_2 和 CO ，在一管式加热器中加热到还原温度，然后用管道送到流态化床。还原反应器里所剩余的气体排出后经冷却、净化后再用作重整炉和还原管式加热器的燃料。

4 新厂的改造与说明

对1985年老设备调查表明，自1981年停产以来由于米诺尔卡公司采取了有效的维护措施，尽管地处热带气候，但大部分设备几乎都保护下来了。为此，决定最大限度地利用原有设备，以尽可能降低改造投资。

重整炉和煤气处理装置尽管必须经过清洗，但是几乎全部都保留下来了，见图2。然而，根本的区别在于，原流态化床反应器所处理的是细矿粉，而米德雷克斯竖炉可以处理粒度较大的球团矿和块矿，因此绝大多数物料处理设备必须废弃，以前用来贮存铁矿石的矿仓现改为供干燥球团日用量料仓，4个500t原供破碎筛分用的料仓现改作块矿日用量料仓。

物料处理系统的所有设备装置，包括干燥、破碎和筛分设备(除上述料仓保留外)、联锁漏斗、喷射系统、矿石预热装置、流态化床反应器、降压系统、旧的压块和筛分装置、竖式冷却器(原供产品冷却用)等都被废弃，上述所有装置都被米德雷克斯竖炉取代。

现在，矿石在进入工厂前整粒为6~35mm，进厂后贮存在上述日用量料仓内，再经一挠性皮带上料，矿石通过这一运送装置可使反应炉上面的料斗(缓冲料仓)维持一定料位。矿石由于重力作用，通过气动密

封管向下降落，然后经一分配盘连续均匀地布满竖炉反应区，矿石继续下降与热还原气相遇，矿石在还原区滞留4~6h后被还原，金属化率达到 $\geq 92\%$ 。

金属化铁经过锥形截面缓缓下降，可使其温度保持在700℃左右。而且不会变形或

压碎，并放入产品卸料斗内，在斗内可烧尽残存的可燃性气体，同时也能缓冲生产中的任何波动，残存的可燃性气体的燃烧可使金属化铁维持在一定的适宜温度以利下道工序。

产品卸料斗将金属化铁均匀分配给各下

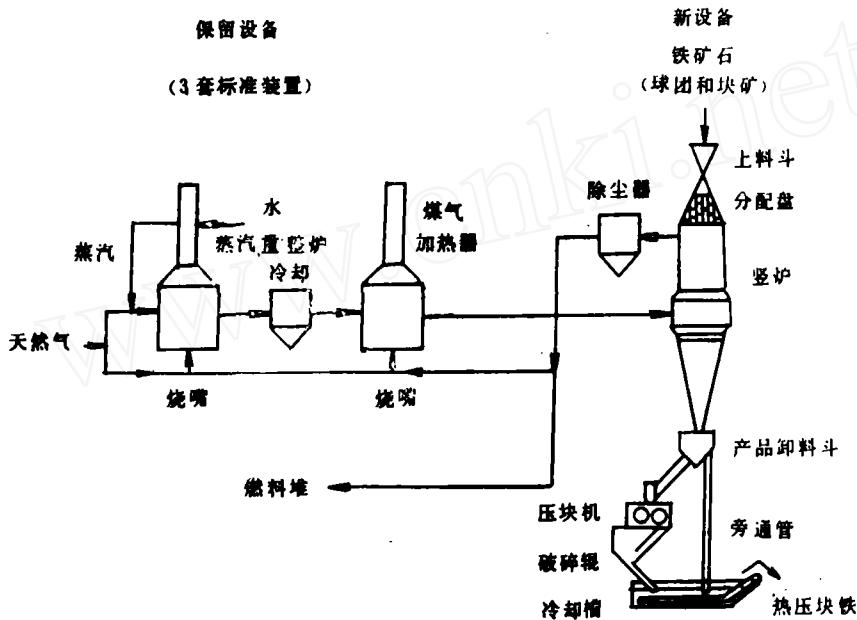


图2 OPCO厂工艺流程图

料管，每根下料管配1台压块机，物料经螺旋给料机注入压辊，从压块机出来的压块串还要经破碎辊破成单块。热压块最后掉入注满了水的骤冷槽内冷却，拉链机将冷却好的压块送到敞口式贮料槽内，然后装船待运。

5 工艺特点

这是目前世界上第一家配置有蒸汽重整炉的米德雷克斯工厂。尽管比一般重整炉复杂，但自投入使用以来，没有发生什么技术问题，说明在技术上是可行的，而且产品质量有所改善，因为还原气中CO的含量比标准米德雷克斯的重整炉低，标准的大于30%，而这仅约18%，因而其产品的渗碳趋势较低，所以产品中含碳量较低（不到1%），而普通米德雷克斯铁的含碳量为1%~2%。

另外，该厂的还原气发生装置保留了老厂3个独立重整炉的配置，每台炉子都有自己独立的气体处理系统。这样就可保证连续生产，即使1台被迫停车也没关系。事实上该厂投产时的第一批合格产品就是在只有2台重整炉工作的情况下生产的，当时第3台重整炉由于供应蒸汽的锅炉需要检修而未开，因而3台重整炉的供气可互补，调节比为3比1。

6 产品特性

和其他直接还原铁一样，产品的化学成分主要取决于铁矿石的成分。其还原趋势不足以将所有金属氧化物（包括脉石）还原，因为达不到物料熔融的温度，没有熔剂化的过程，仅仅是将氧从氧化铁中去掉，另外再

补充些碳。

委内瑞拉盛产富铁矿，尤其是最近开发的圣伊西德罗矿，如果不考虑水分和烧损，其品位常超过68%，硅的含量通常低于1%，OPCO热压块铁的化学特性如表1所示。

OPCO热压块铁化学成分 表1

TFe	92%~95%
MFe	86%~88%
C	0.1%~0.3%
S	0.01%~0.03%
P	0.07%~0.09%
脉石	3.0%~5.4%
Si	~1.3%
Al	~0.8%
CaO+MgO	~1.2%~2.8%
残余金属和金属氧化物	
CuO	<0.002%
Ni	<0.002%
Cr	~0.005%
挥发金属和金属氧化物	
PbO	<0.001%
Zn	~0.002%

OPCO热压块铁的物理特性主要取决压块过程。其尺寸通常为110×50×30mm，大小决定于压模大小。直接还原铁通过加压而致密，使其孔隙大大减小，所保留的孔隙也压实到不能和大气接触，因此其活泼性大为降低，不可能再发生自燃。

由于压块过程有良好的计数控制，热压块铁的视密度为非压块直接还原铁的2倍，约5.5g/cm³，比国际海运组织所推荐的适宜海运视密度5.0g/cm³还好。通过压块，其容积密度约为2.6t/cm³，在压块过程中，其孔隙不是被压实就是被挤掉了，所以它吸水的能力大大降低，其最大吸水量为2.8%，或相当于碎废钢的吸水量，表2为OPCO热压块铁的物理性能。

OPCO热压块铁物理特性 表2

粒 度	30×50×110mm
容积密度	2.6t/m ³
视 密 度	5.5g/cm ³
重 量	0.6kg
ASTM转鼓指数	+3.36mm 98%
吸 水 量	2.8%

7 投产情况

该厂改造工程如期在24个月内完成，在这类工程中，其建设周期最短。基建安装于1989年9月中完成，施工中遇到的困难象这类工程所预见的一样多，除了尽最大努力检验和修复老设备外，还有试运转、升温和加压以及发生气装置的漏气等问题，这类问题都得迅速解决，并证实这些设备能正常生产。

3台重整炉分别于1989年11月、12月和1990年1月连机起动，重整炉于1990年1月9日首次送往还原炉。首批合格产品于1990年1月25日出厂，1990年2月3日OPCO厂正式投产。

投产初期的生产数据是很重要的参考数据，在投产最初几个星期，产率为60~66t/h，产品金属化率略有变化，一般为92%~95%，投产的第一个星期，利用率比较低，合格产品仅为35%左右，通过调试，利用率迅速提高，到第4个星期，合格产品率达65%。

最令人鼓舞的是此次米德雷克斯竖炉与蒸汽重整炉是首次成功地进行配套工业生产，蒸汽重整炉所产生的氢气对炉内还原包括炉料温度分布等有影响，标准的米德雷克斯重整炉发生的气体，H₂与CO之比为1.6。用H₂还原氧化铁是吸热反应，用CO还原是放热反应，H₂和CO同时参加还原反应在1.6的比例下其热能基本趋于平衡，炉料几乎维持等温状态。而采用蒸汽重整炉所产生

的H₂与CO之比约为4，H₂大于CO，用这种还原气还原显然是吸热反应，考虑到OPCO还原炉的直径扩大到6.5m，要对炉料提供足够的显热可能困难，事实上，没有发生什么问题，就象标准的米德雷克斯厂的大型炉子的温度曲线变化一样。

OPCO还原炉是有史以来第一座米德雷克斯—马加莫德炉，也是世界上最大的还原炉（如果能供给足够的重整还原气，该炉每年可生产1Mt以上的直接还原铁）。以前，从未有米德雷克斯炉的直径超过5.5m，OPCO还原炉，直径为6.5m，横断面积增加了40%。像所有不同尺寸的高炉或各种类型的工业装置一样，未经试验的设备装置是不能正常工作的。就是较小的炉子在这样工艺条件下也可能引起事故，而6.5m的炉子却能正常运转。

矿石是容易还原的，生产初期，产品金属化率就超过了预想的目标值范围，高达97%，同时也易于压块，生产出优质而致密的热压块铁。

和任何其他工厂一样，投产后也常常出现停车现象，特别是在这一项新技术与一个20年的老厂相结合的情况下，这类问题反而少并能迅速处理，由于工厂留有充足的备品

备件，也是投产期停车少的原因。

这是一项比较复杂的工程，包括要对由他人设计并停产10年的老厂进行检修，可该厂还是如期投产，首批产品于1990年3月下旬按计划交货。

8 产品应用

1) 供电弧炉炼钢

因为碱金属含量低，是一种很好的稀释剂，可生产优质钢、特殊钢，一般用量为10%~40%，作配料用。

2) 供氧气顶吹转炉炼钢

因为它含渣量低，可作为转炉炼钢的冷却剂或冷炉料，加工后的单个压块，可以利用现有的熔剂处理系统上料。

3) 供高炉炼铁

它能提高产量、降低焦比，是一种很好的高炉炉料。

4) 供铸造

因为它的有害金属含量低，化学成分均匀，是生产铸造铁和铸钢的良好原料，特别适合生产球墨铸铁。

叙里 摘译自《Ironmaking Proceedings》Vol.49 P645~650

陶树人 校

1992年《中国锰业》征订启事

《中国锰业》是国家科委批准公开发行的全国锰业综合性技术刊物。本刊主要报道国内外与锰业有关的地质、采矿、选矿、造块、冶炼、检测、轻化工锰产品的生产、科研、设计、管理等方面的技术革新、科研成果和经验总结以及市场信息与国内外技术发展动态。

本刊为双月刊，每期定价2.00元，全年12.00元（含邮寄费），欢迎单位和个人订阅。订阅者可直接向本刊编辑部索取订单。

邮汇订款请寄湖南长沙市东塘长沙黑色冶金矿山设计研究院内《中国锰业》编辑部周孟君收。邮编410007。银行汇款请寄：中国工商银行长沙市支行南门口办事处。帐号05014475964《中国锰业》编辑部收。

《中国锰业》编辑部