

国外

鏈篋机——回轉蜜

氧化球团譯文集

5



四川省渡口市科学技术情报研究所

国外

链篦机—回转窑

氧化球团译文集

第五集

(内部参考)

四川省渡口市科学技术情报研究所

目 录

球团矿生产技术的发展及其在高炉上的应用	(1)
欧洲对高炉使用球团矿的看法	(14)
马尔康纳球团矿的使用试验	(26)
用球团矿和烧结矿炉料的试验高炉的操作	(32)
高炉使用球团矿的效果	(45)
不同性质球团矿在高炉冶炼中的应用	(47)
西德及美国高炉中球团矿的使用	(52)
自熔性球团矿的制造及其在高炉中的应用	(61)
加古川厂 1 号高炉使用自熔性球团矿时的工作状况	(83)
自熔性球团矿的生产及其高炉冶炼的性能	(96)
自熔性球团矿在高炉中的应用	(104)
含氧化镁的自熔性球团矿	
——添加白云石的球团矿在高炉上的使用结果	(118)
高炉冶炼熔剂性球团矿工艺的掌握	(120)
熔剂性含氧化镁球团矿在高炉上的冶炼	(125)
加古川厂使用白云石熔剂性球团矿的高炉操作	(131)
碱性球团矿的制造及其在高炉中冶炼的特征	(138)
用索柯罗夫斯克—萨尔巴依斯克采选公司球团矿进行高炉冶	
炼时生铁与炉渣的质量	(154)
还原过程中球团矿的破裂	(158)
使用中央采选公司球团矿的高炉作业	(165)
高炉使用里萨科夫原料的球团矿的冶炼	(169)
球团矿还原过程中金属铁壳的生成和熔结	(178)
高炉操作——球团矿与烧结矿的对比	(189)
烧结和球团作业的比较研究	(206)
马格尼托哥尔斯克冶金联合工厂高炉冶炼 ССРОК 球团矿的	
技术经济指标	(218)
高炉采用烧结矿或球团矿炉料操作结果的比较	(225)

球团矿生产技术的发展及其在高炉上的应用

土居宁文

I 绪 言

最近,日本的炼铁界也出现了这样一种趋势:就是将铁矿石做成球团矿,并将它作为炼铁原料来应用,以此作为解决炼铁原料问题的一个具体措施提了出来。

矿石的整粒和自熔性烧结矿的有效运用,历来是合理使用炼铁原料的两大措施。由于它们的有效运用带来了高炉生产率的显著提高和燃料单位消耗的降低,但到了最近,对高品位球团矿的使用价值又从原料措施的另一方面进行了探讨。

关于球团矿,已经有了许多国外技术资料或者研究报告。在共同研究会炼铁部会上也作为共同的研究主题提了出来。因为它是日本将来炼铁原料的重要问题,所以对其概况,并对其在高炉上的应用一并分成若干问题进行了研究。

1. 球团法的发展

在日本,川崎制铁从1925年起就在千叶制铁所开始用竖炉正式生产球团矿,并大量用于高炉。在国外,1911年瑞典A.G.安得孙对球团法做了研究,由此获得了瑞典专利利№35124。此法比G.W.式烧结法的发展(1906年)落后了五年时间。

其后,烧结法迅速发展,在主要的钢铁工业国家被广泛应用,并过渡到大量生产。与此相反,球团法自提出后约30年间在工业生产上几乎处于无人过问的状态。1943年实用的球团矿在美国试验成功,特别是在成功地处理了铁燧岩精矿以后更显露头角,在这20年间取得了迅速发展。

2. 球团法和烧结法的比较

球团法和烧结法各自的特征示于表1:

表1 球团法和烧结法的比较

	球 团 法	烧 结 法
定 义	用细粉原料造球,经焙烧后使之硬化。	将粗粒粉矿焙烧成块
厂 址	因为是在大量生产细粉矿的地区或者是以贫矿经过选矿得到的精矿为主,所以设备适于直接安装在矿山或者选矿厂。	因为是以粗粒的粉矿石或者是以炼铁厂各种牌号的大块矿经过破碎和筛分进行整粒时筛下的粉末作为对象,所以设备适于安装在炼铁厂内。
原 料	最好是同一牌号并且有均匀特性的大量细粉矿。因而经过选矿得到的精矿是合适的原料。细粉粒度最好在100网目以下。	可以是多种牌号的粗粒粉矿石 各种粗块矿,而且对成分不同而性质不定又不均一的矿石也能处理。粒度在50目~5毫米之间为宜。
条 件		

I 世界上的球团矿的生产量及其生产设备

如图1所示,目前世界球团矿的生产量北美就占了一大半。这里是铁燧岩精矿的开发和处理的一大场所。铁燧岩精矿是从复矿经过几次的选矿过程磁选出来的,因为它是一种细粉粒度和品位极为稳定的单一牌号的磁铁矿,所以将此作为球团矿原料是极为合适的。

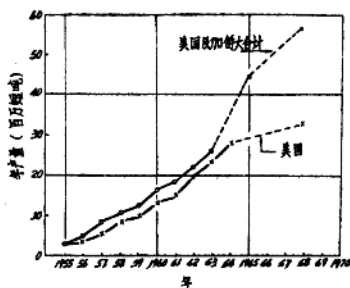


图1 美国及加拿大球团矿年产量的演变

作为球团矿的焙烧炉,有竖炉、带式焙烧机和链篦机回转窑。如表2所示,起初,竖炉的生产比例大,但1961年以后,采用带式焙烧机生产比例就急剧地增加起来。

表2 世界上球团矿生产量的进展情况

		1958年	1961年	1963年	1965年(预计)
生 产 量 (万吨)		1500	1900	3500	4500
炉 别(%)	竖 炉	54.5	59.5	36.4	29.8
	带式焙烧机	45.5	36.3	56.9	60.0
	链篦机回转窑	0	4.2	6.7	10.2

1961年,在球团矿全部产量中,采用带式焙烧机生产占36%,但是在1961年以后直到目前为止这段期间所增设的生产设备,其中约80%是带式焙烧机。与此相反,竖炉只不过占10%。就球团矿的焙烧方法而言,带式焙烧机包括链篦机回转窑比其他焙烧炉优越,因此正倾向于逐步转而采用这种方法。

世界主要的球团矿生产设备示于表3。

表3 世界球团厂一览表

国名	公 司 名	形 式	开始生 产年分	生产能力 万吨/年	用 途	品位(Fe%)
美 国	里塞维采矿公司 (1)	带式焙烧机	1955	550	高炉用	61~63.5
	 (2)	.....	1963	300	.....	61~63.5
	伊利采矿公司	竖 炉	1955	750	.....	61~62
	克利夫兰-克利夫斯公司 (1)	链篦机回转窑	1955	100	.....	63.08
	 (2)	带式焙烧机	1955	66	.....	64.0
	 (3)	链篦机回转窑	1962	100	.....	63.08
	 (4)	.....	1963	120	.....	64.0
	伯利恒-克利夫斯公司	竖 炉	1961	200	.....	64~65
	伯利恒-克拉玛克公司	.....	1963	200	.....	64.0
	汉纳矿业公司	带式焙烧机	1963	150	.....	61~63
加 拿 大	哥伦比亚根纳巴钢铁公司	.....	1962	140	.....	65~66
	杭博耳特采矿公司	链篦机回转窑	1960	70	.....	62.18
	伊格耳厂	带式焙烧机	1956	70	.....	64~66
	卡罗球团矿公司	带式焙烧机	1963	550	高炉用	64.95
	皮堪德-马瑟斯公司 (1)	.....	1965	400	.....	67~68
	 (2)	竖 炉	1958	80	.....	63~66
	阿那康达铁矿公司	带式焙烧机	?	150	?	?
	伯利恒-玛莫拉公司	竖 炉	1953	100	高炉用	63.71
	琼斯-劳克林钢铁公司	链篦机回转窑	1964	100	?	65
	波士顿-坦施布公司	.....	1965	100	高炉用	?
秘 鲁	固特纳兴纳耳-尼卡尔公司	带式焙烧机	1963	60	炼钢用	68
	汉纳公司	竖 炉	1964	60	高炉用	63
瑞典	马尔康纳采矿公司	带式焙烧机	1963	100	高炉用	68
瑞典	鲁萨瓦拉-克兰纳-瓦拉公司	带式焙烧机	1965	150	高炉用	68
挪威	诺尔斯克-振佛科公司	带式焙烧机	1964	60	电炉用	?
日本	川崎钢铁公司	竖 炉	1959	100	高炉用	

II 生 产 方 式

1. 造球方式

作为一般的方法有圆筒式和圆盘式。如将其特征加以比较, 则如表4所列。

表4 圆筒式和圆盘式造球方式的比较

	圆 筒 式 造 球 机	圆 盘 式 造 球 机
造 球 原 理	利 用 滚 动 原 理	利 用 分 级 原 理
适 用 条 件	适于大量生产的大型设备。	适于小量生产设备或半工业试验设备。
球 的 性 状	粒度稍不均匀, 多少带点椭圆形、强度小。	粒度均匀, 近于球状, 强度较圆筒式的大。

成球的两种方式如图 2 所示。

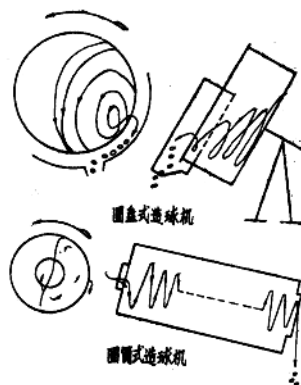


图 2 圆盘式和圆筒式造球机的比较

2. 焙 烧 炉

如前所述,直到1960年竖炉还很多,但自1961年以后,发展到带式焙烧机占了大半,最近又开始了部分地使用将回转窑与链篦机装配在一起的链篦机回转窑。现将各种焙烧炉列于表 5 加以比较。

目前,构成球团矿主流的铁燧岩处理法,是由美国明尼苏达大学采矿试验室主任教授——E.W.戴威斯博士提出的,实际上它是积40年以上的研究成果。目前球团矿在美国正在大量生产,其生产方式因厂家不同而具有各自的特征。

竖炉——代表厂是 Surface Combustion, 此外还有很多。

带式焙烧机——代表厂有 McKee、Lurgi、Dravo 等主要厂家。

链篦机回转窑——代表厂为 Allis-Chalmers。

各种方式的模型图示于图 3 ~ 图 5。

表 5 各种焙烧炉的比较

	竖 炉	带 式 焙 烧 机	链 篦 机 回 转 窑
特 征	设计简单、热效率高,但有均匀加热困难的缺点。	有容易控制,发生任何事故都能迅速处理的优点。但炉篦容易损耗,且需要使用价格昂贵的耐热合金。	用炉篦方式进行干燥和予热,采用回转窑加热高温焙烧区,因而焙烧区的设计被进一步简化。
能 力	每炉的能力小,设备最大能力限于日产 1000 吨。	适用于大量生产。能力大,每炉可日产 3000 ~ 4000 吨。	和带式焙烧机相同。
原 料	主要限于磁铁矿。	除磁铁矿外也可以处理赤铁矿系的原料。	和带式焙烧机相同。

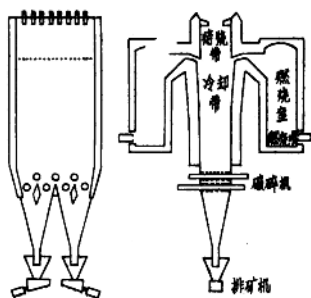


图 3 竖 炉

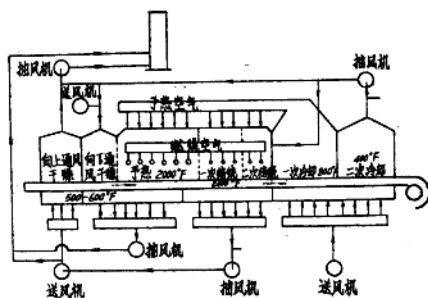


图 4 带式焙烧机

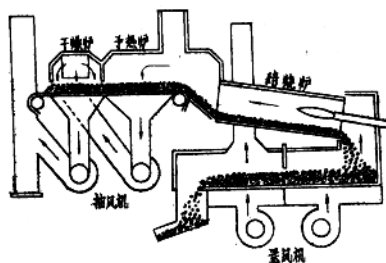


图 5 转筒机回转窑

IV 在高炉上的使用

球团矿作为炼铁原料之所以极为有利，就在于粒度及成分的均匀性和还原性好。这已经是众所周知的事实了。在美国，这方面的实验研究报告或者在高炉上的实际生产结果也有大量报导。在日本除川崎制铁外，还没有大量使用球团矿的经验。最近，部分使用了伊利球团矿和马尔康纳球团矿，但是还没有达到在实际生产上与自熔性烧结矿或经整粒的矿石进行比较来确认其使用价值。

1. 小型试验高炉的最初试验

在明尼苏达大学教授戴维斯博士创建的铁燧岩球团矿采矿试验室进行的小型经验高炉的操作试验，是对球团矿作出评价的历史性资料，兹列于表6内。

该实验在美国炼铁方面的学者、技术人员的共同合作下，按照周密的计划于1943年完成。当时，采用炉缸直径为36英寸（91厘米）的实验用小型高炉，球团矿配比各阶段为0~100%。

2. 阿姆科钢公司米德尔敦工厂使用球团矿的实际效果

表6 试验高炉的作业数据

球团矿配比 (%)	送风温度 (℃)	送风量 (米 ³ /分)	CO/CO ₂	焦 比 (公斤/吨)	吨/日	不使用球团矿时的对比变化(%)	
						焦 比	吨/日
0	576	15.7	2.51	1085	5.68	± 0	± 0
30	527	15.2	2.15	944	6.73	-13	+18
30	557	16.2	2.35	966	6.68	-11	+18
60	552	13.9	1.90	824	7.75	-24	+36
60	549	17.2	1.88	848	7.77	-22	+37
100	546	16.4	1.61	690	9.63	-36	+70
100	531	16.9	1.47	654	10.00	-40	+70

阿姆科钢公司米德尔敦厂的高炉早就使用了铁燧岩球团矿。即在1953年开炉后，从1954年起开始试用。Silver Bay的铁燧岩球团工厂（戴维斯工厂）自开始生产以来，球团矿使用量年年增加。在1961年上半年，配比可达到100%。该高炉具有高压操作设备，炉缸直径约为8.4米，鼓风机能力是3115米³/分，2.5公斤/厘米²，热风炉3座，总加热面积为58800米²。所使用的球团矿的特性及使用的实际效果列于表7，示于图6~8。

表7 1956年以后各年球团矿的质量变化进展情况

	转鼓试验后的 强度(28网目)	SiO ₂ %		Fe %	
		平 均	波 动	平 均	波 动
1956	13.4%	9.4	0.60	63.7	0.45
1957	9.7	8.8	0.90	63.3	0.45
1958	8.4	7.7	0.30	63.6	0.25
1959	7.3	8.0	0.15	63.3	0.20
1960	6.3	8.0	0.25	63.2	0.25

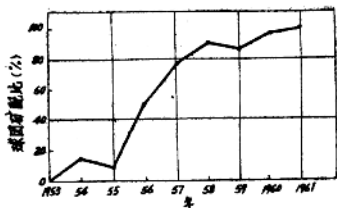


图6 各年度的球团矿使用量

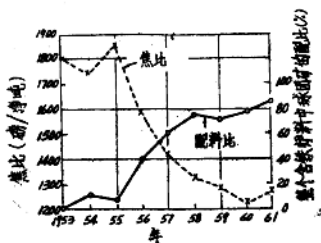


图7 球团矿的配比和焦比

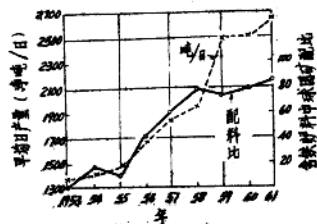


图8 球团矿的配比和生产量

(注)1958年的送风量是83000 英尺³/分
1959年的送风量是100000英尺³/分
1960年的送风量是92000 英尺³/分
1961年的送风量是107000英尺³/分

在美国，阿姆科钢公司和共和钢公司共同对球团矿在高炉上的应用起了推动作用。特别是这里报导的米德尔敦工厂自1955年以来长期积累的经验，不仅开发铁燧岩球团矿，同时还为我们提供了宝贵的技术数据。

不过，米德尔敦工厂没有烧结设备，因此这里所提供的数据，仅仅有助于作出球团矿优于生矿石的评价。

1954年球团矿配比开始为14%，以后八年间其配比逐年增加，1961年配比达到100%。其间CO/CO₂从2/1下降到1/2，焦比从900公斤降低到625公斤，风量从2450米³/分增加到3050米³/分（125%），而出铁量则从1250吨/日大幅度地提高到2350吨/日（188%）。当然，这中间也包含了炉料品位提高和粒度条件的改善，鼓风温度的提高，或者高炉操作技术的改善等等重要因素。但球团矿配比的增加却起着最大的作用。

这一数据可以作为表示球团矿优于生矿石的决定性的数据。

如果那样，当然我们就将迁到将球团矿（作为日本炼铁原料处理技术顶点之一）和自熔性烧结矿的使用价值加以比较的重要问题，但遗憾的是，在日本目前还不能得到对这个问题的决定性的回答，在此只好将米德尔敦工厂的数据和“铁与钢”49卷9期炼铁部会报告书上的数据表示出来。

1961年米德尔敦厂100%球团矿的焦比和广畑厂100%生矿石的焦比，同是625公斤。这可以说是偶合，以此表示美国和日本炼铁（也包括原料处理技术）技术水平的差距是耐人寻味的。

美国用100%球团矿的焦比是625公斤，日本用100%烧结矿的焦比是515公斤。从数字上

表8 球团矿和烧结矿应用实际效果的比较

米 德 尔 敦 厂				富 士 广 烟 厂			
生产时期	配 比(%)		焦 比 (公斤/吨)	生产时期	配 比(%)		焦 比 (公斤/吨)
	球团矿	生矿石			自熔性烧结矿	生矿石	
1953年	0	100	900	1961年	0	100	625
1956年	50	50	790	1961年	50	50	590
1961年	100	0	625	1961年	100	0	515

看似自熔性烧结矿比球团矿的使用价值高。但是如果考虑两国的技术水平,就有进一步研究的必要。

伯利恒钢公司雀点厂的“J”高炉在1963年10月创造了球团矿70%,自熔性烧结矿30%的配比,其焦比是545公斤的实际成绩,对此是应该予以重视的。

3. 伯利恒钢公司雀点厂球团矿使用的实际效果

在伯利恒钢公司雀点厂“J”高炉上,使用球团矿和烧结矿进行了生产。该高炉的炉缸直径为8763毫米,有效容积为1435米³(推测的内容积为1625米³),拥有10~15磅/时²的高压操作设备。1963年10月的操作指标列于表9和表10。

表9 操作参数

原料配比	Carol lake (球团矿)	%	68.4
	Sparrow point (烧结矿)	%	31.6
操 作 指 标	送 风 量	米 ³ /分	3750
	送 风 温 度	℃	880
	炉 顶 压 力	公斤/厘米 ²	0.7(高压操作)
	焦 比	公斤/吨	500
	重 油 比	公斤/吨	44
	渣 量	公斤/吨	235
	日 产 量	吨/日	3030(1.87吨/日/米 ³)

表10 炉料的分析成分

	Fe	CaO	SiO ₂	MgO	备 注
球 团 矿	64.69	0.50	4.90	0.70	
烧 结 矿	59.89	5.30	4.90	2.40	(自熔性)

该雀点厂“J”高炉的实际效果,作为美国高炉操作的实际成绩,在利用系数及燃料单位消耗方面,受到了美国炼铁工业界极高的评价。而且,在这方面可以说,球团矿的高配比和自溶性烧结矿的配合应用是有效的。

的确,燃料比为544公斤/吨(焦炭500公斤,油44公斤)以及利用系数为1.87吨/日/

米³，这样的成绩是优秀的。然而，在提高效率方面，有必要考虑采用高压操作（炉顶压力 0.7 公斤/厘米²）

关于燃料单位消耗，在日本，自熔性烧结矿为 60%，整粒矿石为 40% 的配比，其单位燃料消耗为 540 公斤/吨，这已经是很一般的水平，而 500 公斤/吨以下的高炉实际成绩每月都有几个实例创造出来。利用系数 1.87 吨/日/米³ 是优异的成绩，但在日本室兰、水江、东田等厂的高压高炉，利用 0.5 公斤/厘米² 的炉顶压力也取得了利用系数超过 1.70 的实际成绩。室兰厂试验时采用的炉顶压力为 0.7 公斤/厘米²（与雀点厂“J”高炉的 0.7 公斤/厘米² 相同），其期间虽短，但也创造了 20 吨/日/米³ 的利用系数。

因此，从日本的水平和高炉的实际成绩来看，球团矿与自熔性烧结矿和整粒矿石相比不能认为有很大的使用价值。但应认识到，处于美国技术水平下的球团矿的有效性能，效果是大的。

4. 在高炉应用方面的问题

在美国，球团矿代替天然矿石使用，虽然给高炉的利用系数和燃料单位消耗的改善带来了很大的效果，但另一方面，在高炉中长期的大量应用的情况下正在产生着一些问题。兹将其主要的问题叙述如下：

a. 因球团矿的粉化造成的故障影响

混在球团矿中的粉矿是少量的，但由于是细粉，在处理和装运过程中有可能产生偏析。另外，矿石长期贮存在堆放场的时期，由于风化和降雨等原因，粉矿倾向于集中在矿堆的底部。上述种种情况，特别在球团矿的库存量变少时，就会使高炉炉料的粉矿率增加，导致炉况的恶化和粉尘等发生量增加。

为了防止这种情况发生，需要筛分设备。根本的措施是应生产不粉化的强度高而又完整的球团矿。

b. 对炉墙耐火砖的侵蚀问题

球团矿大量配合使用时，因其粒度的均匀并呈球状，故炉内还原气体易于沿炉内边缘部分上升，造成所谓边缘发展。由于炉壁部分的反应变得活泼，随着温度的上升，就会加快对炉腹及炉腰处耐火砖的侵蚀，并且熔化区也会因此而上升。在米德尔敦厂，1959 年将球团矿以 90% 的配比 2850 米³/分（炉缸直径为 8.4 米）的高负荷操作时，导致炉腰及炉腹处的耐火砖因被侵蚀而有几个地方脱落，并且其他部分也变得非常薄，造成了需要暂时停炉来进行修补和强化冷却的情况。

此高炉自开炉后仅生产约 90 万吨。因此这种故障显然是由于球团矿高配比引起的边缘气流过度发展和熔化区的上升造成的。炉墙的侵蚀脱落处以往没有冷却板，因此装上 193 个冷却板，采取强化冷却，而后可能继续生产。

c. 炉内还原过程中的膨胀粉化

某种特定的矿石，其品位高，渣中粘结物少，并且焙烧温度低，在这样的条件下生产出的球团矿以 CO 气体进行的高温还原过程中，要膨胀粉化，往往引起高炉棚料，而导致炉况恶化。这种例子，日本在使用马尔康纳球团矿的初期阶段发生过。

原矿石的化学特性，渣中粘结物及焙烧温度对高炉内球团矿的动态有着重要关系，因此在球团矿大量投入生产前必须充分加以研究。

V 今后球团矿在技术上的问题

1. 自熔性球团矿

烧结矿的自熔性带来的质量大幅度改善及其在高炉操作上的使用价值引起了球团矿自熔性问题的提出。

1962年美国克里夫兰—克利夫斯公司共和采矿场链篦机回转窑生产了约3500吨自熔性球团矿，在琼斯—劳林钢公司的高炉上进行试验，其结果不能说特别良好。试验时石灰石的用量约为10%，碱度约为1.0。

自熔性球团矿生产上的问题是生产率有某种程度的降低和燃料单位消耗增加约10%。

目前，对球团矿的自熔化，不能象对烧结矿的自熔化那样抱很大的期望。

在烧结矿自熔化时：

- a. 由于难还原的正硅酸铁的分解和还原性好的铁酸钙的生成，还原性大大增加。
- b. 能提高生产率。
- c. 能得到气孔率高的多孔烧结矿。

然而，采用球团矿时，即使不用石灰石也会赤铁矿化，FeO极少，而且微小气孔度高，还原性已经很好，所以球团矿的自熔化的意义不大。

2. 金属化球团矿

从球团矿的原料特别细以及生产条件（外部强制加热）看，作为今后应当重视的技术上的问题是发展金属化球团矿。这个问题在美国已处于研究试验阶段。他们把用小型回转炉试制的金属化球团矿在日产20吨的试验高炉上使用的结果，出现了生产效率显著提高和燃料单位消耗大幅度降低。

如果象日本那样需要从国外进口铁矿的话，那么就必须抓紧发展金属化球团矿技术。因为金属化球团矿的使用降低了每吨铁的运费和提高了高炉的生产率。

关于金属化球团矿的生产，指出如下几点：

- a. 原料粒度细，则还原速度快，成品强度也高。
- b. 焙烧温度要比应用普通球团矿（1210℃）时高些，最好在1300℃左右。
- c. 焙烧时间约15分钟就可以大部分还原。
- d. 还原剂的添加量至少需要100%还原时所需的理论计算量。
- e. 石灰石的增加降低了强度，使还原率降低。

表11和表12所列美国矿山局小型试验高炉上金属化球团矿的试用结果。

表11 普通球团矿及金属化球团矿的成分

		Fe	SiO ₂	CaO	MgO	供应地
A	普通球团矿	62.82	8.53	0.63	0.39	赫提湖
B	" "	66.69	2.14	0.30	1.71	希耳顿矿
C	金属化球团矿(低)	83.80	3.06	0.58	2.06	赫提湖
D	" " (高)	91.28	3.04	0.39	2.40	希耳顿矿

表12 使用金属化球团矿的高炉操作实际效果

		试 验 期 间			
		基 准 期	试 验 I	试 验 II	试 验 III
配 比 (%)	A 球团矿	13	15	0	17
	B "	87	0	0	0
	C "	0	85	36	0
	D "	0	0	64	83
平均含铁(装入球团矿)		66.19	80.57	88.54	86.49
送风温度℃		945	930	943	953
油/焦炭		2.60	3.33	3.50	3.55
炉渣 公斤/吨		140	122	148	141
炉顶煤气 CO ₂ %		16.5	10.2	8.8	5.7
CO/CO ₂		1.35	2.61	3.11	5.07
日产量 吨/日		16.3	22.5	24.6	25.2
增产率%		基 数	38.1	51.4	54.7
焦比 公斤/吨		553	366	313	311
焦比 下降率%		基 数	33.8	43.4	43.8
天然气比 米 ³ /吨		41.5	30.0	27.3	26.7

VI 日本球团矿存在的问题

如前所述,日本钢铁工业的发展,特别是转炉钢生产比重的迅速增加,促进了高炉铁水的增产速度。人们认为,在这数年之内日本的生铁产量可以从现在的年产2300万吨水平达到3300万吨水平。

日本的炼铁原料是以矿石的整粒和自熔性烧结矿为主发展起来的。但作为将来的炼铁原料在现阶段应考虑球团矿的发展。即:

- 因球团矿本来具有应该在矿山生产的特性,因此作为进口原料是很合适的。
- 高品位球团矿(磁选精矿)能使每吨铁的运输费用降低。
- 球团矿在高炉上的应用价值比天然矿高。
- 对完整优质的球团矿不需要进行破碎和筛分的整粒作业。
- 采用100%球团矿配比,进行高炉操作时,可不要烧结设备。

(注)球团矿和生矿石同时使用时,会产生生矿石整粒,以及随之而来的对筛下的粉末进行烧结的问题。

1. 以日本作为供应对象的国外球团矿供应地

二、三年前为试验进口了美国的伊利采矿公司球团矿,在富士制铁、日本钢管等厂的高炉上使用,其结果,也许是应用量少的缘故,仅得出和烧结矿同等程度的定性结论。目前,以日本作为供应对象计划的球团矿主要供应地列于表13。

澳大利亚的罗布利巴以及美国的克利夫兰—克利夫斯,塔斯马尼亚沙伯及利巴皆是以日本作为供应对象的球团矿创始者,且都是因与球团矿有关而活跃于世界上的公司。估计,两

者年产量均至少在 100 万吨以上。

表13 以日本作为供应对象的球团矿供应地

牌 号	铁	年 产 量	开 始 日 期
秘鲁马尔康纳	67%	100万吨	1963年
北美卡伊扎	65	100	1965年
果阿始路	65	30	1965年
澳大利亚斯科特里巴	60	50	1966年
澳大利亚罗布利巴	62	—	—
塔斯马尼亚沙伯及利巴	68	—	—

2. 马尔康纳球团矿

马尔康纳球团矿工厂从1963年夏在南美秘鲁马尔康纳以年产 100 万吨的规模开始投入生产。它是以鲁尔吉式的带式焙烧机（DL式）进行生产的。八幡、富士、日本钢管、住友均由该厂供应球团矿。

品 位

Fe	FeO	SiO ₂	CaO
66~68	0.1~0.3	1.5~1.8	0.3~0.35
Al ₂ O ₃	S	P	Cu
0.30~0.35	0.02~0.03	0.01	0.02

从1963年9月起相继在住友、日本钢管、富士等厂使用，但最初在高炉上的使用效果都不很理想。即在高炉上一采用超过 20~30% 的配比，风压就上升，引起悬料、坐料，炉况变得不稳定。这被认为是由于马尔康纳球团矿具有这样一种特性，在 CO 气体造成的高温下，一受到急剧还原就要膨胀粉化而发生破裂。关于这点，可以设想为马尔康纳球团矿原料的矿石本身就具有同样的基本化学组成。但是在现阶段还不能予以充分说明。

作为这方面的问题，可以采取以下的技术措施：

- 将原精矿石的粒度进一步微粉化。
- 如果能将焙烧温度提高到 1250℃ 以上，则采用 1280℃。
- 将膨润土，石灰等造渣剂量增加。
- 延长焙烧时间。

总之，马尔康纳球团矿的使用应当给日本炼铁方面以宝贵的教训和经验。今后当使用国外球团矿时应对于以下情况先做好充分调查和研究。

- 矿山的厂址条件及其规模和运输系统。
- 球团矿生产方式和技术水平。
- 原矿的化学组成和各种球团矿特性的试验。
- 生产条件（粒度、焙烧温度、粘结剂等）。

Ⅶ 结 语

以上对迄今为止的球团矿生产技术的发展趋势与其在高炉上应用的实际效果,以及今后技术上的一些问题等作了展望。

最近,日本钢铁工业的发展,特别是转炉钢的生产比重的迅速增加,自然而然地就强烈要求高炉铁水的迅速增产。在这个时候当然期待着出现可以代替以前的整粒矿石、自熔性烧结矿的优质球团矿,来作为提高高炉生产能力的一项措施。

不过,如前所述,目前在日本使用的进口球团矿的效果决不是令人满意的,在质量上还有改善和研究的必要,但质量上的一些问题在不久的将来肯定会得到解决。我想,它和金属化球团矿等等新技术的发展相结合作为有效的高炉原料也许可以大大有助于高炉操作的合理化,我们应当朝着这个方向作出更大的努力。

参 考 文 献

1. Iron & Steel, Inst. Special Rept 72 (1962) p. 180~189
2. Iron & Steel Engr. (1961) 3, p. 119~124
3. Kurt Meyer: Stahl u. Eisen (1963) 22, p. 1337~1345
- 4) 第14回製鉄部会資料, ベレット法と焼結法との比較
- 5) 木下産商編, 北米ベレット事情調査報告書昭38.12月
- 6) 学振, 鉄54委. 昭39.2月
7. Utah Const, Summary Report of Dayton Metallurgical Studies, 各種ベレット法の比較

[李战隆译自《鉄と鋼》, 1964, 50, No6, 934~942, 郝欣校]

欧洲对高炉使用球团矿的看法

J. A. Smedstam

本文谈到了球团矿的基本性质、自熔性和予还原球团矿的问题以及欧洲高炉使用高配比球团矿的试验性操作实践。

今天，冶金家们把愈来愈多的时间用于高炉操作和生铁生产的基本问题上。这方面的积极性是因为别的方法的经济竞争和全世界对钢的需要增长而激起的。认为可以开采的矿石品位的限度在不断地往低处调整，而同时选矿厂的精矿质量则要求还要提高。后一要求往往是以充分磨矿来迎合的，这就要增加以后烧结操作的困难。在美国可以看到这种局面，那里的大量低品位矿石（铁燧岩）已经开采出来生产一般高炉操作可以接受的炉料。

铁精矿造成球团矿已经证明是摆脱左右两难的一种方法。在球团矿生产和高配比球团矿炉料的使用方面，特别是在美国，已经取得了大量工业上的经验。加上别的国家的成果，已逐渐建立起相当完整的知识，所以我们今天有了预测将来的采矿和原料供应的一种基础。这些发展的含意是许多国家当前所关心的。

举例来说，苏联的铁精矿总产量可望于1965年达到1.6亿吨^[1]，其中80%要小于230网目。若与目前美国年产约4000万吨球团矿相比，显然苏联的发展方向和发展的程度，可证明是特别令人感兴趣的。

物 理 性 能

生产高炉用的球团矿，有些物理性能是很重要的。因为圆形球团矿的堆角小，可使炉料在炉身分布均匀、透气性好。炉身中的压力降随着球团矿尺寸的减小而增大，当粉矿的比例增高时，即变为不利。但是，在料柱和煤气流之间热交换所需的时间则随着球团矿尺寸的缩小而缩短。与烧结矿比较，除了使煤气的分布均匀，炉身的压力损失较低而外，球团矿具有单位重量的接触面积较大的优点，并且在多数的情形中，高炉的利用系数较高^[2]。

一般球团矿的气孔率约35%，而烧结矿约50%。在要求的强度一定时，较致密的球团矿允许使用较低的焙烧温度，从而减少烧熔的危险。另一方面，如果焙烧温度固定，则可以达到较高的强度，从而可以改善炉料承受载荷的能力。

一般说来，气孔对强度不利^[3]。此外，曾经注意到气孔率通常不是均匀分布的，而是在球团矿的外层最低。从还原的观点来看，颠倒过来就更好了。

大体上说，还原时球团矿保持形状而强度改变。例如，12~16毫米炉篦焙烧的球团矿，还原时强度由70公斤降到4公斤^[4]。

为了试验球团矿的强度，曾经采用了各种方法，其中有所谓的转鼓试验^[5]。在这种试验中，以50磅大于 $\frac{3}{4}$ 吋的球团矿装在转鼓内，以每分钟25转的速度转200转，然后通过10