

辽宁省金属学会1962年年会 论文选集

第一分册

辽宁人民出版社

辽宁省金属学会 1962 年年会论文选集

第一分册

辽宁省金属学会编

(内部发行)

辽宁人民出版社

1964 年·沈阳

辽宁省金属学会一九六二年年会论文选集

辽宁省金属学会编

☆

辽宁人民出版社出版（沈阳市大西路二段同心东里12号）沈阳市书刊出版业营业许可证文出字第1号
沈阳新华印刷厂印刷 辽宁省新华书店发行

787×1092毫米 $\frac{1}{16}$ ·19%印张·3插页·341,000字·印数：1—600 1964年3月第1版
1964年3月第1次印刷 统一书号：15090·216 定价(10)3.10元

前 言

辽宁省金属学会于1962年10月在鞍山召开了1962年年会。会议期间采矿、选矿、炼铁、炼钢、压力加工、焦化、耐火、有色冶炼、分析检验等九个专业举行了学术报告会，总结了辽宁冶金系统几年来在党的正确领导下，在冶炼科学技术方面所取得的主要成就，交流了学术经验，开展了学术讨论，并决定评选优秀论文出版论文选集。

《辽宁省金属学会1962年年会论文选集》按专业性质编为六个分册，第一分册（炼铁和焦化专业）和第二分册（炼钢和压力加工专业）委托辽宁人民出版社出版，其余专业由学会自行印刷。

选集由内部发行，供有关专业领导干部和工程技术人员参考。由于缺乏编辑经验，论文中不当与错误之处，请读者予以指正。

辽宁省金属学会

1963年7月

目 录

炼铁专业

鞍鋼球团矿生产的原料准备·····	楊世农 魏明生 (1)
用石灰乳湿润混合料的燒結試驗·····	馮汝明 (11)
試論高爐气流的合理分布·····	成兰伯等 (20)
強化热风爐工作的几个問題·····	杜曙光 孙万胜 (51)
热风爐损坏的初步調查分析·····	李清珍 (64)
炭素搗固与高爐爐底构造·····	張省己 (76)
炭素搗固及其在高爐上的应用·····	李清珍 (95)
柳班計算理論最低焦比的方法及討論·····	章光安 (109)
高爐高指标冶炼的經驗·····	杜鶴桂 (125)
焦炭强度对高爐冶炼的影响·····	李永鎮 (146)
高爐下部区域热平衡的应用·····	楊兆祥 (159)

焦化专业

結焦時間对焦炭質量的影响·····	陈世讀 (177)
焦爐的热工操作与热量消耗·····	高慧明 (190)
焦爐煤料傳热和結焦時間·····	郭樹才 (214)
对当前我国焦化厂含酚廢水处理問題的初步意見·····	李秀林 (223)
論以粘土耐火磚砌筑炼焦爐蓄热室墙·····	韓文葆 (235)
关于58型炼焦爐廢气循环設計計算·····	李恩业等 (245)
預热煤炼焦·····	李恩业 張許达 (266)
关于鋼鐵企业燃料的一些問題·····	孙祥鳳 (293)

鞍鋼球团矿生产的原料准备*

楊世农 魏明生

鞍鋼球团矿生产的原料为鉄精矿粉、熔剂和返矿等三种。精矿主要是細磨磁选精矿，熔剂有消化石灰、生石灰、石灰石与白云石粉四种，其物理化学性質見表 1。

国内外球团矿生产实践指明，球团矿生产中的原料准备工作是极重要的环节之一，它将較大程度地影响着球团矿的产量、質量、成本和投資。为此针对其种类、配合比与粒度等方面，进行系統的研究，以寻求生产優質球团矿的各种最适宜条件。

表 1 精矿和熔剂的理化性質

品 名	化 学 成 分, %								粒度筛分組成, 毫米, %					湿分 %
	TFe	FeO	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	P	S	>0.5	0.5~0.315	0.315~0.15	0.15~0.075	<0.075	
磁选精矿	61.10	25.60	13.23	0.56	0.77	0.20	0.014	0.034	1.0	1.0	11.0	15.5	71.5	12

品 名	化 学 成 分, %					粒度筛分組成, 毫米, %					湿分 %
	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	灼 碱	>6	3~6	1~3	0.5~1	<0.5	
石灰石粉	2.31	52.4	0.88	0.70	42.18	—	20	20	20	40	3
消化石灰	2.54	64.3	2.17	0.85	26.66	10	16	9	16	49	20
生石灰粉	3.85	70.4	2.02	1.40	19.50	10	40	10	16	24	0
白云石粉	2.00	5.47	40.62	1.04	48.53	—	18	12	26	44	2

試驗在試驗室中进行。圓盘造球机直徑 0.7 米，成球時間 8 分鐘，生球在装爐前掺入 10~0 毫米的碎焦 6%，干燥前球层高度 300 毫米，风箱負压力 150 毫米汞柱。干燥与焙燒是在 $\phi 150$ 毫米、外层繞有絕热石綿繩的燒結杯中进行的。干

* 参加本研究工作的还有向惠仁、刘振达、蔣藻清、祝恩有等。

燥時間 5 分鐘。預熱時間 2 分鐘。點火時間 2 分鐘。全焙燒時間為 30 分鐘。廢氣溫度最高點為焙燒終了點。

本研究工作包括以下四部分：

1. 不同碱度球團礦的焙燒性能；
2. 原料的種類及配比；
3. 熔劑的粒度；
4. 返礦的處理。

一、不同碱度球團礦的焙燒性能

由於球層中燃燒帶溫度波動較大，使高碱度球團礦在焙燒時易於熔化而且生成僅輕微粘結甚至未粘結的白球，嚴重地降低了球團礦的強度與還原性能。因此研究不同碱度的球團礦的焙燒性能具有重要的意義。

試驗是採取在升溫條件下荷重軟化的方法。試樣為干精礦與石灰的混合物，盛於瓷坩堝內，振動使之呈緊密狀態，其密度隨碱度的不同在 2.0~2.8 克/厘米之間。升溫速度為 10°C/分，荷重選為 0.15 公斤/厘米²。經預備試驗確定，取荷重下降 10% 時之溫度為焙燒開始點（此時團礦具有一定的強度），荷重下降 40% 時之溫度為焙燒終了點（此時試樣已呈半熔化狀態，對瓷坩堝有輕微侵蝕現象）。從焙燒開始至焙燒終了點的區間稱焙燒溫度範圍。試驗結果見表 2 與圖 1。

表 2 不同碱度不同鐵分球團礦化學成分及焙燒性能表

項 目		高 鐵 球 团 矿						低 鐵 球 团 矿					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
化 学 成 分	TFe	64.3	61.2	59.7	58.0	56.5	55.15	61.15	57.1	55.1	53.25	51.0	49.5
	SiO ₂	9.34	9.05	8.92	8.76	8.61	8.50	13.44	12.77	12.43	12.15	11.87	11.55
	CaO	0.41	4.58	6.66	8.66	10.71	12.58	0.52	6.13	8.83	11.60	14.18	16.57
	CaO												
	SiO ₂	0.04	0.51	0.75	0.99	1.25	1.43	0.04	0.43	0.71	0.95	1.2	1.43
焙燒終了温度, °C		1230	1255	1240	1220	1210	1210	1235	1205	1190	1180	1165	1200
焙燒温度范围, °C		125	155	145	130	130	120	120	115	120	100	95	90

可以看出：

1. 高鉄精礦所配成的不同碱度的球團料，其焙燒終了溫度與焙燒溫度範圍均高於低鉄精礦。這主要是由於 SiO₂ 含量低、生成的低熔點的鉄橄欖石與鉄鈣橄

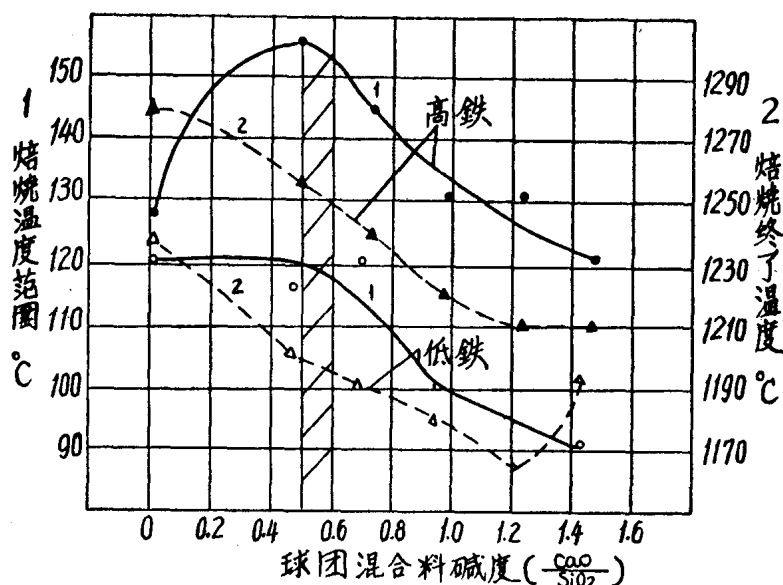


图1 球团混合料碱度对焙烧終了温度与焙烧温度范围的影响

榄石的量少所致；

2. 随着碱度的升高，由于 $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{FeO}$ 组成三元的低熔点化合物，其焙烧終了温度下降、焙烧温度范围变窄，以碱度为 0.5~1.0 的范围内变化较急。焙烧終了温度当碱度为 1.2~1.4 以后才不继续下降甚至上升，这可能由于有一部分 CaO 与 Fe_2O_3 组成 $\text{CaO}-\text{Fe}_2\text{O}_3$ 化合物的缘故；

3. 高铁自然碱度 (0.04) 的料，其 FeO 与 SiO_2 相对含量正是 2 (FeO) SiO_2 — FeO 组成低熔体 (熔化温度 $1177\sim 1178^\circ\text{C}$) 点，故焙烧开始温度高，但焙烧温度范围窄。加入一定数量的 CaO ，使碱度在 0.5 左右时，因组成低熔点化合物，焙烧开始温度降低很多 (55°C)，而焙烧終了温度仅下降 25°C ，故焙烧温度范围反而变宽；

4. 高铁碱度 1.48 料与低铁碱度 0.7 料，铁含量相同，成渣物质的量亦同，其焙烧温度范围相近，唯前者由于 CaO 含量高而焙烧終了温度稍高。

由以上几点可以推出：

1. 不配熔剂的自然碱度球团矿焙烧时，主要是依 Fe_2O_3 氧化成 Fe_3O_4 以后再结晶而固结，在较低温度下即具有一定的强度。其焙烧終了温度高，有条件提高外界温度，对加快焙烧速度、减少熔化现象有利。但由于未加入熔剂，故生球强度

差，湿球开始破裂温度低，使球层透气性变坏，干燥速度减慢，而影响产量质量的提高；

2. 高碱度（1.0 以上）的球团料，其焙烧范围很窄，当料层温度波动时，易于熔化与生成强度很差的未粘结球（高碱度球团矿需依靠液相固结）。又焙烧终了温度低，故外界需控制到较低程度，若高温带窄、焙烧时间短时，则球团矿内部温度低，因而强度下降；

3. 碱度0.5~0.6的区域內是焙烧温度范围开始急剧下降之点，也是焙烧终了温度较高之点，料中具有—定量之熔剂，可大大提高生球强度（见图2）与开始破裂温度，此碱度即焙烧球团矿时之适宜碱度；

4. 若为了使高爐少加或不加生石灰石而需进一步提高球团矿碱度至1.0以上时，需相应地提高精矿含铁，以减少其酸性脉石 SiO_2 含量至8%或更低。

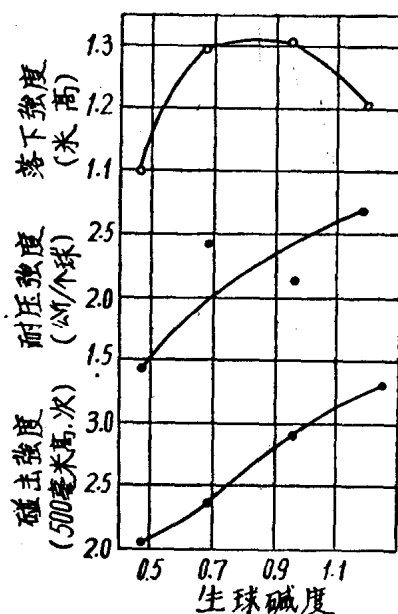


图2 生球碱度与强度之间的关系

二、原料的种类及配比

原料的理化性质见表1。为适应于球团矿生产，在试验过程中所采用的熔剂粒度见表3。

表3 球团矿试验中熔剂的粒度筛分组成（毫米，%）

名 称	>3	1~3	0.5~1	<0.5
石灰石粉	—	—	33.3	66.7
消石灰	26.0	9.0	16.0	49.0
生石灰粉	—	20.0	32.0	48.0
白云石粉	—	—	37.1	62.9

此四种熔剂的理化性质不同，对造球与焙烧的影响也就不同。

(一) 不同碱度球团矿生产时，混合料中消石灰、石灰石粉的适宜用量

试验熔剂加入量为 10、15、20、25% (碱度分别为 0.47; 0.7; 0.97; 1.25) 时, 不同消石灰用量的影响, 结果见图 3。由于消石灰亲水性好, 随其用量的增加, 混合料的成球性能改善, 生球中大于 10 毫米部分增加, 加入量至 20% 后作用减缓。由于消石灰的粘性好, 生球强度逐渐提高, 焙烧球团矿的产量与强度均随之而提高, 当消石灰用量超过 20% 以后, 才开始下降, 这主要是由于增加消石灰减少石灰石用量可以大量地减少球团矿内部石灰石分解所需的热量, 但消石灰用量过多时, 生球比重减小。比较总熔剂加入量时, 以加入 15% 的熔剂 (即碱度 0.7) 为最好。

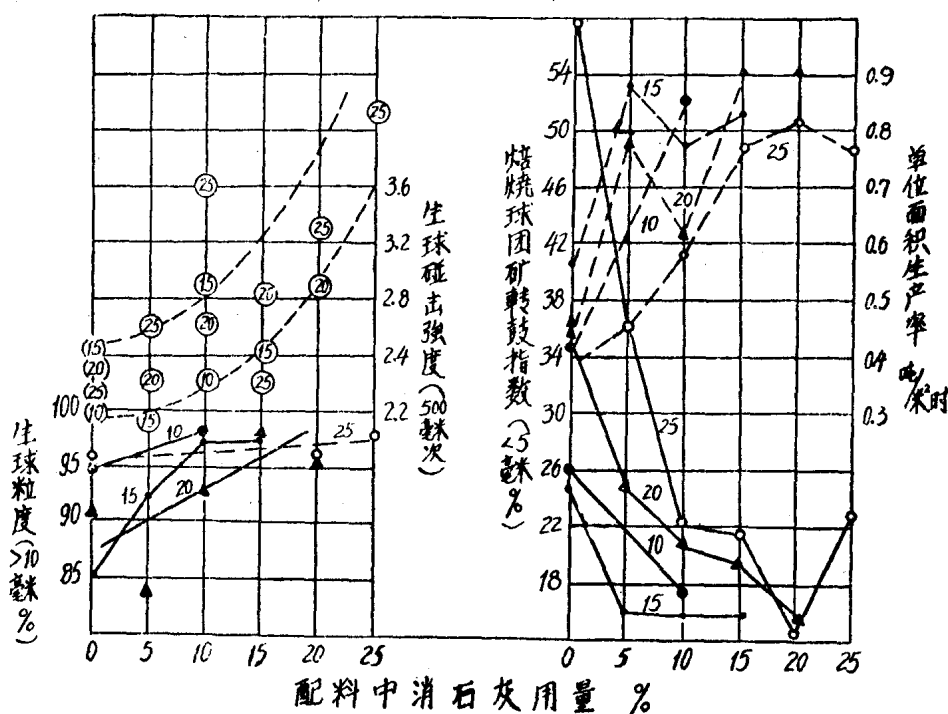


图 3 配料中消石灰用量对造球与焙烧的影响
〔图中数值为总熔剂使用量% (石灰石加消石灰)〕

(二) 用生石灰代替消石灰

試驗得出,在碱度为0.7、0.99、1.25时,以3.6%、7.2%、9.5%的生石灰分別代替5%、10%、15%的消石灰时,焙燒速度減慢,平均生产率由0.714降低到0.549吨/米²·时,轉鼓指数由18.9%升高到19.4%。这主要是由于生石灰質量低,燒損高达20%,其中有約50%是生石灰石所致。

生石灰在配料后打水时才开始消化,大部分于造球时已消化完毕(从打水消化到造球的时间为20分鐘)。在消化过程中大量吸水,因而可使混合料湿度降低,保証在精矿水分大时仍能得到适宜湿度的混合料。少部分生石灰在成球以后消化,致使生球脹裂,而影响料层的透气性和焙燒球团矿强度。生石灰中的粗粒部分是未經焙燒好的生石灰石,在焙燒过程中不能充分消化,而成游离CaO或CaCO状态存在,使球团矿焙燒后碎裂。

鞍鋼使用的消石灰系来自外地,含游离水甚多(一般大于20%,雨季甚至大于30%),本身已經成球,难以混匀,不但使改善成球性的效率降低,且当精矿水分大时,使混合料湿度超过适宜值,无法进行調整。

基于以上原因,在实际生产上考虑选择此二种熔剂时应

1. 当原料(主要是精矿)含水大时,为保証混合料湿度的适宜,可采用生石灰作熔剂。

2. 由于使用消石灰其造球与焙燒指标均較使用生石灰为好,故在精矿含水較小时(<10%),应尽量选用消石灰作熔剂,但消石灰游离水含量应小于15%。

(三) 用白云石代替石灰石粉

鞍鋼当前所使用的白云石为二級鎂砂,含MgO40%左右。白云石的加入使球团矿在焙燒时易生成低熔点的鉄鈣鎂橄欖石。加入量少时,对焙燒无明显的影响。当加入量超过7.5%以后,球团矿强度方稍有改善。

三、熔剂的粒度

熔剂粒度的选择从两方面来考虑:造球和焙燒指标与加工費用和设备投資。

較粗粒度的石灰石粉,加工容易,但影响造球与焙燒。在成球过程中,不易粘附,集于圓盘造球机內,呈散沙状。一部分滾于球內,在焙燒过程中难于分解

与消化，降低焙烧球团矿的强度。

粗粒度的生石灰，除有以上影响外，且较难于在成球前完全消化成 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，于成球后消化而破坏生球，使球层透气性变坏。

不同粒度的石灰石与生石灰对球团矿产量质量的影响，见图4。

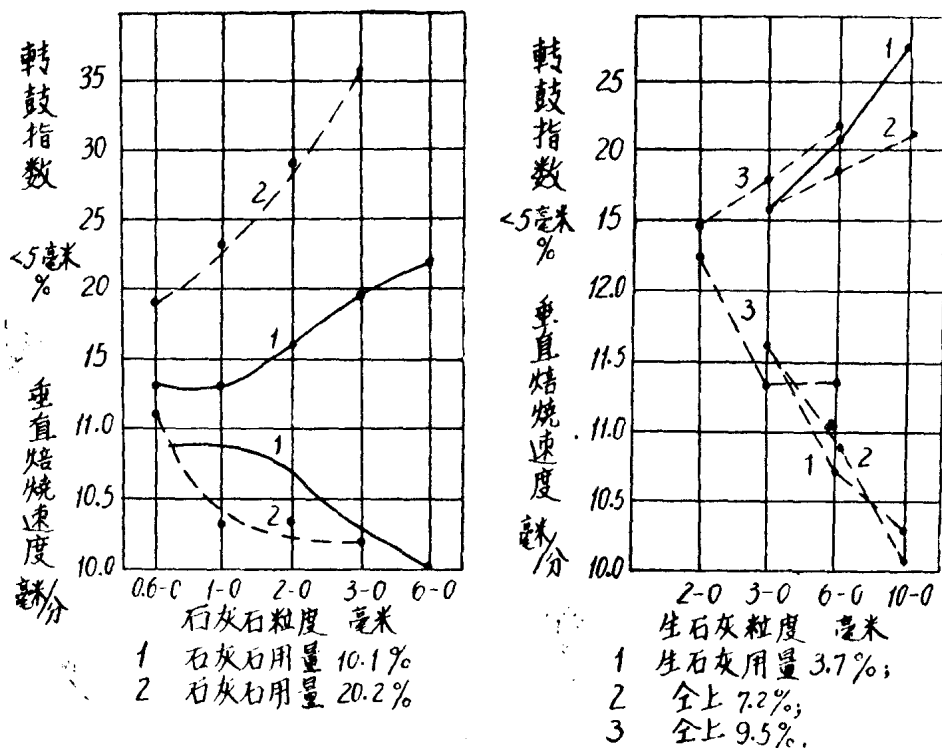


图4 石灰石与生石灰粒度对球团矿产量质量的影响

可以明显的得出：石灰石、生石灰粉的粒度大时，焙烧速度慢，球团矿转鼓指数变坏。

选择熔剂粒度时，应按以下原则：

1. 当石灰石粉配入量为10%左右时，粒度上限可选1毫米，最高上限为2毫米，其中1~2毫米只能占10%左右，而小于0.5毫米部分应多于60%；
2. 当石灰石粉配入量为20%左右时，其粒度上限应选0.6毫米；
3. 生石灰用量为5%左右时，其粒度上限可为3毫米，最好为2毫米；
4. 生石灰用量为10%左右时，其粒度上限应为2毫米或更小。

四、返矿的处理

工业生产中生球粒度大于10毫米一般仅占90~95%，且由于料层温度的不均匀而使焙烧产物中有10~30%的小于6毫米部分，需筛除。被筛出的返矿一般按下列方法进行处理：

1. 如附近有烧结厂，其球团返矿用以作为烧结原料；
2. 经振动筛筛分分级后，粗粒度部分用于焙烧机垫底，少量细粒部分直接配入球团混合料中；
3. 经细磨后配入球团混合料中。

看来以第一种方法最简单。

为能确定出不同返矿量时的适宜返矿粒度，进行返矿量为10%、15%、20%、30%返矿粒度为0.2~0、0.6~0、1~0、3~0、6~0毫米的系统试验，结果见图5。

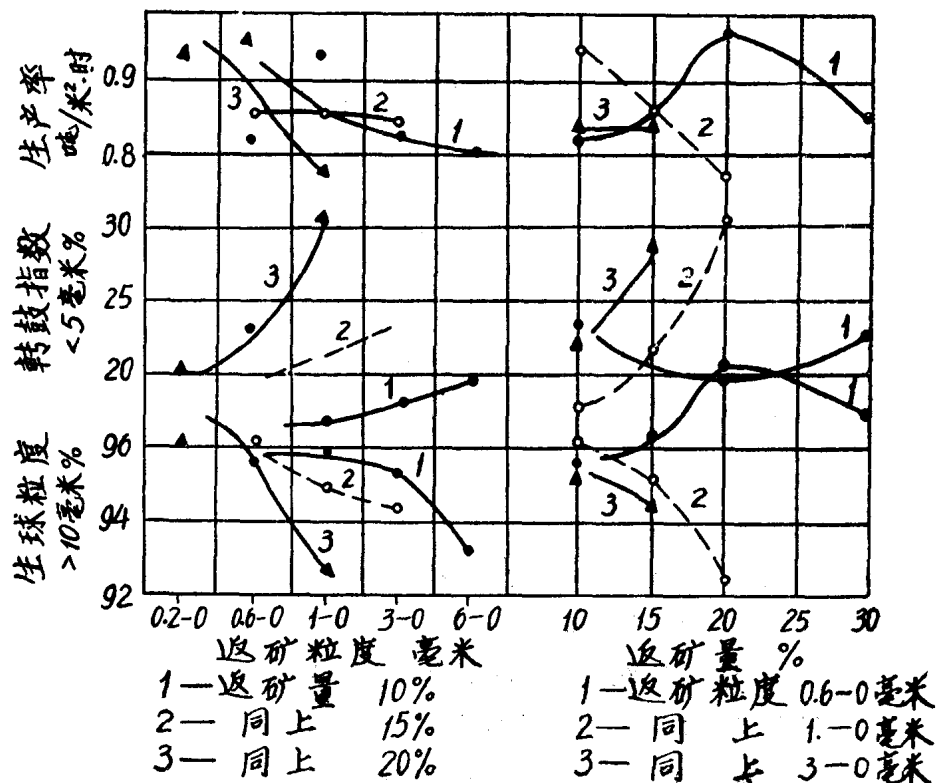


图5 返矿粒度与返矿量对造球与焙烧的影响

返矿粒度的增大,将使成球率、焙烧机生产率与焙烧球团矿强度均下降。在返矿用量较多时,其返矿粒度不得超过0.6~0毫米,用量若少于10%时,可允许返矿粒度上限为1~3毫米。

返矿粒度大于1~0毫米以后,其造球与焙烧指标均随着返矿配入量的增加而变坏。当返矿粒度等于或小于0.6~0毫米时,配入一定数量的返矿(20%),可改善造球与焙烧的技术指标。

根据研究结果提出一个适合于鞍钢生产条件合理的原料准备流程(见图6)。

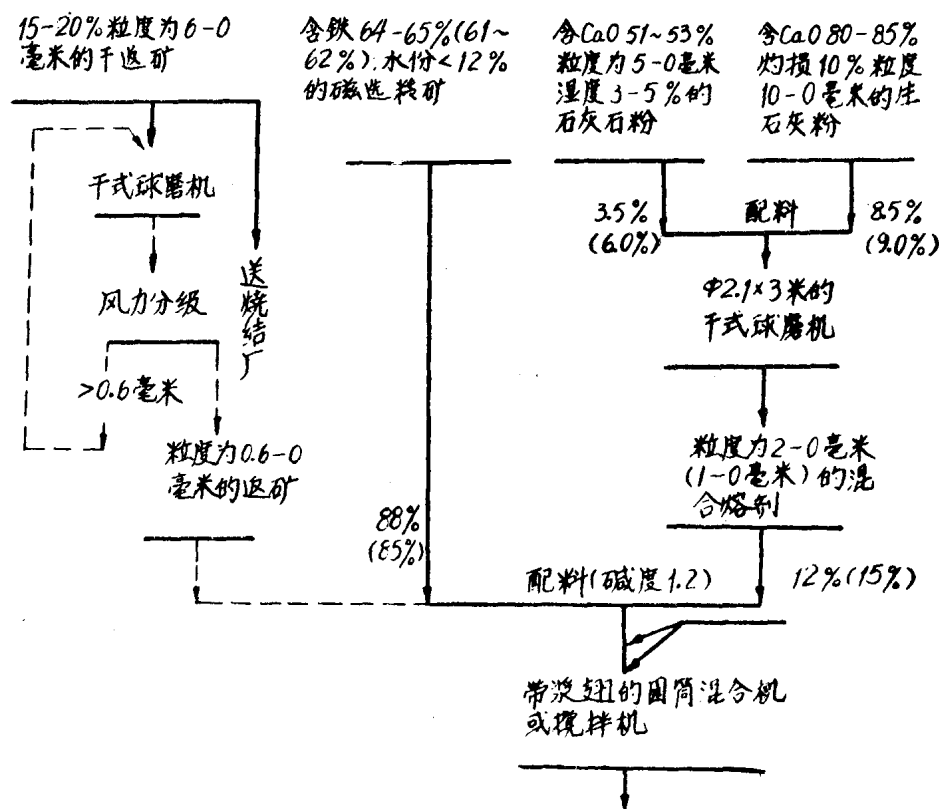


图6 拟定的鞍钢球团矿生产的原料准备流程

上述流程所使用的精矿含铁64~65%，进一步细磨磁选后过滤更为困难，故水含量只能达到12%或稍低一点，仅仅只采取过滤的方法很难使水分降至10%以下，又为了干燥5~0毫米石灰石粉以便于粉碎，故熔剂以生石灰为主(石灰石比生石灰为3比7)，混合熔剂的粒度可为2~0毫米。若精矿含铁为61~62%，碱度依炼铁生产需要而为1.2时，混合熔剂的粒度应为1~0毫米，其石灰石比

生石灰为 5 比 5 或 4 比 6。

返矿最好送往燒結車間作为燒結原料。同时，可考虑将返矿磨碎至 0.6~0 毫米后，配入球团混合料中。此时由于配入大量干返矿，混合料水分較低，故熔剂可选用游离水 15~20% 的消化石灰与 2~0 毫米的石灰石粉，但需考虑石灰石粉在細磨前的干燥問題。

結 論

1. 以碱度为 0.5~0.6 球团矿的焙燒性能最好。若要进一步提高碱度，必需提高精矿含鉄；

2. 在熔剂（石灰石加消石灰）用量为 10~25% 的範圍內，以消石灰用量为 20% 时的指标較好；

3. 以粒度上限为 2~3 毫米的生石灰作熔剂时，可降低混合料水分，但焙燒指标低于消石灰；

4. 以白云石代替石灰石粉，需用量大于 7.5% 以后方能稍改善强度；

5. 当石灰石用量为 10%、20% 时其粒度上限应分別为 1~2 毫米与 0.6 毫米；

6. 当生石灰用量为 5%、10% 时，其粒度上限应分別为 3~2 毫米与 2 毫米；

7. 当返矿用量为 10%、20% 以上时，其粒度上限应分別为 1~3 毫米与 0.6 毫米；

8. 拟定的适于鞍鋼球团矿生产的原料准备流程見图 6。

用石灰乳湿润混合料的烧结试验*

馮汝明

近年来，烧结生产实践证明，烧结混合料中配入一定量生石灰，可以强化烧结过程。本钢二铁厂烧结车间，于混合料中配入5%生石灰时，曾获得良好效果。但是，由于应用生石灰，使工人劳动条件恶化。因此，需要改变这种生产条件。

加石灰乳试验就是用具有粘结性的石灰乳湿润混合料，以便提高其透气性。研究以石灰乳来代替烧结混合料中的生石灰可能性，改善劳动条件，并保证一定的产量与质量。

一、试验用原料的性质

1. 各种原料的化学性质见表1。

表1 试验用原料性质

原料种类	化 学 成 分 %										
	TFe	Fe ₂ O ₃	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Mn	P	S	烧 损
精 矿 粉	62.10	62.30	23.80	12.67	0.28	0.50	0.17	0.11	0.005	0.037	—
锰 矿 粉	18.61	26.50	0.077	19.19	2.32	2.80	0.07	21.28	0.06	0.048	5.20
高 爐 灰	33.16	30.36	15.28	14.20	1.56	12.60	1.90	0.13	0.022	0.28	9.61 (FC5.48)
石 灰 石	3.35	4.79	—	4.13	0.37	44.18	3.81	—	0.0125	0.005	39.80
白 云 石	8.74	12.40	—	3.71	0.37	11.59	29.50	0.06	0.024	0.027	42.54
生 石 灰	1.02	1.45	—	5.19	0.98	63.56	3.81	—	0.0145	0.028	17.82
燃 料 灰 分	1.69	2.32	0.077	47.94	26.01	3.92	1.71	—	—	—	—
燃料工业分析	挥发分3.84, 灰分21.63, S1.56, P0.052, Fe74.53, θ 发热值 6348大卡/公斤										

* 参加本试验工作的还有程世英、汤宝贤、解生武、张振江、曾令元、夏国义、孙述青、杨春。

由原料的化学成分可知，石灰石質量不好，其熔剂性能較差。另外，燃料質量也不好，灰分高些。这些問題对燒結矿質量皆有影响。

2. 各种原料的粒度組成如下。

1) 精矿粉的粒度組成:

网 目	+40	40~60	60~80	80~100	100~120	120~140	-140
%	0.70	0.25	0.75	1.75	1.55	4.70	90.30

2) 錳矿粉的粒度組成:

毫 米	>10	10~5	5~3	3~1	1~0
%	5.34	17.45	29.00	17.60	31.21

3) 石灰石, 白云石的粒度組成:

毫 米	>5	5~3	3~1	1~0	3~0
石 灰 石	0.10	15.60	21.90	62.40	84.30
白 云 石	1.15	7.20	23.00	68.65	91.65

4) 生石灰的粒度組成:

毫 米	>10	10~5	5~3	3~1	1~0
%	9.80	12.00	14.00	21.80	42.10

5) 高爐灰的粒度組成:

网 目	+20	20~40	40~60	60~80	80~100	-100
%	1.30	13.60	20.20	28.00	4.55	32.45

6) 燃料的粒度組成:

毫 米	>10	10~5	5~3	3~1	1~0	3~0
%	1.60	6.30	18.30	17.60	56.20	73.80