

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 96119847.8

[45]授权公告日 2000年12月20日

[11]授权公告号 CN 1059706C

[22]申请日 1996.9.28 [24]颁证日 2000.11.18

[21]申请号 96119847.8

[73]专利权人 北京科技大学

地址 100083 北京市海淀区学院路 30 号

[72]发明人 黄典冰 孔令坛 杨天钧

[56]参考文献

CN1017628A 1990. 2. 14 C21B11/02

CN1087124A 1994. 5. 25 C21B13/00

CN1099418A 1995. 3. 1 C21B11/02

CN1102440A 1995. 5. 10 C21B11/00

审查员 徐 川

[74]专利代理机构 北京科技大学专利代理事务所

代理人 范光前

权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图页数 1 页

[54]发明名称 含碳球团煤气循环还原熔分流程

[57]摘要

本发明是利用煤气的氧化度 $\leq 25\%$ 的还原性煤气、中性煤气或惰性气流作为循环传热介质,在 1050 至 1150℃下加热含碳球团,直到其预还原度 $\geq 90\%$,然后将预还原后的含碳金属化球团在高温状态下直接投入渣铁熔分炉进行进一步还原和熔化、使其渣铁分离以获取类似传统的高炉铁水的液态生铁。在渣铁熔分炉内的二次燃烧率控制在 25%以内。这种炼铁新工艺属于非焦炼铁的范畴,大幅度地减小了单位能耗和对环境污染。

ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1. 一种含碳球团煤气循环还原熔分流程 (PGC), 其特征是利用煤气的氧化度 $\leq 25\%$ 的还原性煤气、中性煤气或惰性气流作为循环传热介质, 在 1050 至 1200°C 下加热含碳球团, 直到其预还原度 $\geq 90\%$, 然后将预还原后的含碳金属化球团在高温状态下直接投入渣铁熔分炉进行进一步还原和熔化、使其渣铁分离以获取类似传统的高炉铁水的液态生铁。在渣铁熔分炉内的二次燃烧率控制在 25% 以内。
2. 如权利要求1所述的一种含碳球团煤气循环还原熔分流程 (PGC), 其特征是循环传热介质利用蓄热式热风炉由工艺自身所产生的一部分煤气或其它燃气或燃油燃烧加热。



说 明 书

含碳球团煤气循环还原熔分流程

本发明属于非焦炼铁工艺，特别涉及直接使用非焦煤生产类似传统的高炉铁水的液态金属铁。

德国人发明的、奥钢联和南非联合开发的COREX流程，其特点是将熔融气化炉产生的氧化度小于4%、1100℃至1200℃的煤气通过高温除尘，使其温度降低到850℃左右，然后利用这种煤气还原传统的球团矿、烧结矿后天然块矿至预还原度到90%左右，投入熔融气化炉进行最后的还原和熔分。这种工艺在直接使用非焦煤生产液态生铁的同时避免了其它生产液态生铁存在的非焦炼铁流程的高温、高FeO炉渣对耐火材料的侵蚀问题。但是该流程的缺点是由于熔融气化炉产生的煤气必须通过高温除尘和降温后才能供给预还原使用，因此过程热损失大，单位能耗高，此外煤气高温除尘也较困难。另一方面，由于该流程中的铁氧化物的还原绝大部分是在850℃以下以气-固反应的形式进行，因此铁矿石的预还原构成了其整个流程的限制性环节，生产效率较低。

日本开发的DIOS，美国开发的AISI，澳大利亚等开发的HIsmelt等都属于追求高二次燃烧率的“二步法”熔融还原。这些流程的共同特点是利用终还原炉(或铁浴炉)产生的氧化度为40至70%的煤气，将其温度降到800℃左右，加热还原铁矿石或铁矿粉，使之还原至FeO，然后投入终还原炉，进行终还原和渣铁分离，终还原炉内的二次燃烧率控制在40至70之间。这些工艺的特点是铁氧化物大部分在高温熔融状态下进行，因此其生产速度快。但是由于这些流程的二次燃烧热效率不理想加上逸出终还原炉的煤气物理热利用效果极差，因此单位能耗较高。另外也正因为这些流程追求高二次燃烧率，使大量的铁氧化物进入终还原炉，因此在终还原炉内产生大量的高温、高FeO熔渣，这种熔渣对耐火材料的侵蚀迄今为止还是一个无法克服的难题。

前苏联开发的Romelt流程属于典型的“一步法”熔融还原。其特点是粉状或块状的含铁原料、熔剂及煤直接投入熔融还原炉，使铁氧化物直接在熔融状态下还原，熔融还原炉内的二次燃烧率控制在50至90%之间。此外为了避免高温、高FeO熔渣对耐火材料的侵蚀，在熔融还原炉中在渣层部位采用了水冷炉壁。这种流程工艺简单，对原燃料的适应性强，生产效率高；但由于流程自身几乎无法利用逸出熔融还原炉的高温煤气中的物理热、熔融还原炉中的二次燃烧热效率较低，再加上熔融还原炉内的水冷炉壁需强冷，致使熔融还原区的大量宝贵的高温热量被带走，因此该流程的单位能耗高，单位净能耗更高。

本发明的目的在于提高流程的总热效率，大幅度地降低单位能耗。

本含碳球团煤气循环还原熔分流程(PGC)是利用煤气的氧化度 $\leq 25\%$ 的还原性煤气、中性煤气或惰性气流作为循环传热介质，在1050至1150℃下加热含碳球团，使含碳球团中的碳还原其中的铁氧化物，直到其预还原度 $\geq 90\%$ ，然后将预还原后的含碳金属化球团在高温状态下直接投入渣铁熔分炉进行进一步还



原和熔化、使其渣铁分离以获取类似传统的高炉铁水的液态金属铁。在渣铁熔分炉内的二次燃烧率控制在15至25%之间。

本发明的循环传热介质(惰性气体、还原性煤气或中性煤气)是利用蓄热式热风炉由工艺自身所产生的一部分煤气或其它燃气或燃油燃烧加热。

与其它的熔融还原流程一样, PGC流程可直接利用矿粉和非焦煤生产铁水, 从而取消了炼铁对焦炭的依赖。但与其它熔融还原流程相比, PGC流程除了在煤耗和氧耗方面的优越性之外还有以下优点:

1. 煤气在常温下除尘, 避免了高温煤气除尘的困难。

与COREX流程相比, PGC流程以4, 000至4, 100Nm³洁净煤气兑入终还原炉产生的400至500Nm³荒煤气, 这样即使终还原炉的粉尘吹出量为100kg/tHM, 进入预还原竖炉的煤气中的热煤气的含尘量也不过25g/Nm³。因此PGC流程避免了高温煤气的除尘的困难, 而只要对逸出竖炉的荒煤气在常温下除尘, 故而PGC流程将可以利用现有高炉成熟的煤气除尘技术, 大大提高了除尘效率, 同时降低除尘消耗。

2. 避免了熔融还原流程中高温FeO对终还原炉耐火材料的侵蚀

与其它追求高二次燃烧率的熔融还原流程相比, 由于采用含碳球团在1100℃下, 利用还原性、中性循环煤气或惰性气流加热还原, 解决了利用还原性煤气深度还原普通球团或其它不含碳块矿速度慢的问题, 还原速度快。因此在PGC流程中炉料的预还原度高, 如控制在95%以上, 终还原炉实际上使其熔化渣铁的作用和产生一小部分煤气, 因此终还原炉内的熔渣中的FeO含量可以控制在很低水平, 从而避免了高温FeO对终还原炉耐火材料的侵蚀问题。另一方面, 由于熔分炉内产生的煤气量少(一般为400至600Nm³), 熔分炉的吹出量较其它熔融还原的小得多, 加上炉渣中FeO低, 因此该流程金属铁的回收率高。

3. 流程热效率高

PGC流程热效率高达90%左右, 与全氧高炉相仿, 比普通高炉还高, 这种流程的热效率是其它熔融还原流程所不能比拟的, 在其它熔融还原流程中, 总热效率只有45%至75%。PGC流程热效率高的原因是用除尘后的净煤气冷却逸出竖炉的荒煤气中的物理热, 然后再将热量带回还原体系, 因此使还原尾气中的物理热得以充分利用。

4. 避免“二次燃烧”和传热的矛盾

由于采用蓄热式换热器, 以循环煤气为热载体, 故而在传递煤气的燃烧产生的热量同时, 避免了将煤气燃烧产生的氧化性气体带入还原区的问题。

此外在加热循环煤气时, 可根据需要, 引出相应数量的煤气充分燃烧供热, 其燃烧产物不会向其它追求高二次燃烧率的熔融还原流程那样污染剩余的煤气, 因此其剩余煤气的质量比其它炼铁流程的好。

5. 单元设备技术成熟, 避免了对特种冶金设备的要求。

在PGC流程中所设计到的设备包括预还原竖炉、渣铁熔分炉、蓄热式热风炉、金属管式换热器、常温煤气除尘器和煤气柜等。而以上这些设备都已在现有的冶金企业中大量应用, 故而设备技术成熟。此外由于该流程氧耗极低, 因

此在非特殊的生产规模下，也无需超大型的制氧机，因此PGC流程不需涉及非常规的特殊设备，这可大大降低PGC流程的设备造价，而进一步降低生产成本。

图1是本发明的工艺流程图。

下面结合附图作进一步详述。

在含碳球团煤气循环还原熔分流程 (PGC) 中，配碳量为10至15%含碳球团从移动床(1)的上部加入，经过蓄热式热风炉预热(2)至1100至1200℃的作为循环传热介质的还原性煤气、中性煤气或惰性气流(煤气的氧化度 $\leq 25\%$)和从熔分炉(3)产生的煤气一起从移动床(1)的下部侧面喷入。还原后的尾气从移动床(1)的上部逸出后经过金属换热器(4)将其中的物理热传给经过除尘净化后的煤气。经过金属换热器后的荒煤气通过常规的煤气除尘系统(5)进行除尘净化后输入煤气柜(6)用作下一步的循环载热体。从移动床(1)上部进入的含碳球团在移动床内在热气流的加热下被还原，使其预还原度达到90%以上后排入移动床下面的熔分炉(3)内进行进一步的还原和熔分，从而使渣铁分离，生产类似高炉铁水的液态生铁。在熔分炉(3)内，块煤和熔剂从其顶部加入，氧气和/或煤粉和从其下部侧面通过一排风口喷入熔分炉中的溶池的上部，为了避免金属铁再氧化，熔分炉内的二次燃烧率控制在15%至25%。蓄热式热风炉利用PGC流程自身产生的煤气和空气燃烧加热或其它来源的煤气和空气燃烧加热。

PGC流程能耗：

• 原料条件

表1 矿粉化学成分 (wt. %)

TFe	FeO	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	MnO	S	P	其它
65.00	0.50	3.50	0.30	0.30	2.00	0.20	0.02	0.01	0.00

表2 块煤或粉煤化学成分 (wt. %)

• 工业分析

Cfix	S	V	A	H ₂ O
78.73	0.45	9.65	11.17	0.00

• 灰分成分

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	FeO	P ₂ O ₅	其它
49.32	25.55	2.54	4.20	0.24	18.15

• 挥发份成分

CO	CO ₂	CH ₄	H ₂	N ₂
29.860	19.136	40.306	4.916	5.782

表3 生石灰成分 (wt. %)

SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃
0.089	97.430	2.126	0.355

表4 白云石成分 (wt. %)

SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	H ₂ O(s)	TFe	FeO	Rest
5.000	20.000	68.683	5.000	0.000	1.000	1.000	0.000

在以上原燃料条件下、PGC流程的能耗如表5所示。当熔分炉内二次燃烧率增加时、该流程的能耗呈下降趋势。在以上同样的原料条件下，目前国际上各种重要的熔融还原流程能耗情况如表6所示，而氧气高炉和传统的焦炉—高炉流程的流程能耗情况如表7所示。从表5中可知，当二次燃烧率控制在20-25%之间时，在中国的煤炭资源条件下，PGC流程的煤耗仅为580至650kg/tHM，折合标煤为450至500kg/tHM，氧耗为220至260Nm³/tHM，同时还可输出350至440Nm³/tHM发热值高达9000kJ/Nm³以上的优质煤气。因此PGC在其生产能耗及成本方面将具有极大的吸引力。很显然在同样的原料条件下，PGC流程的煤耗、总能耗以及净能耗都将低于普通的高炉流程和全氧高炉流程，当然也将低于现有的各种熔融还原流程，这主要是PGC流程的热效率较高炉流程和其它熔融还原流程的热效率高的缘故。

表5 PGC流程的能耗

工 艺 类 型	单 位	PGC1	PGC2
鼓 风 温 度	℃	-	-
空 气	Nm ³ /tHM	-	-
氧 气	Nm ³ /tHM	260.8	223.0
循 环 煤 气 量	Nm ³ /tHM	4260.0	4061.0
循 环 煤 气 温 度	℃	1100.0	1100.0
预 还 原 度	%	95.0	95.0
二 次 燃 烧 率 或 煤 气 氧 化 度	%	20.0	25.0
二 次 燃 烧 热 效 率	%	95.0	95.0
吨 铁 煤 气 产 量	Nm ³ /tHM	1004.0	884.0
煤 气 热 值	kJ/Nm ³	9910.0	9235.6
煤 气 理 论 燃 烧 温 度	℃	2050.0	1960.7
煤 气 回 收 量 (烧 换 热 器 消 耗 量)	Nm ³ /tHM	439.2	374.4
焦 炭 消 耗 量	kg/tHM	0	0
块 煤 或 煤 粉 消 耗 量	kg/tHM	645.7	574.7
折 合 煤 耗	kg/tHM	645.7	574.7
制 氧 或 鼓 风 电 耗	kWh/tHM	130.4	111.5
总 能 耗	GJ/tHM	16.15	14.36
煤 气 回 收 后 吨 铁 净 能 耗	GJ/tHM	11.80	10.90
热 效 率	%	87.60	91.00

表6 各种熔融还原工艺的工序能耗

工艺类型	单 位	COREX	DIOS /AISI	Hismelt	CCF	Romelt
鼓风温度	℃	-	-	1200.0	-	25.0
空 气	Nm ³ /tHM	-	-	3773.0	-	120.0
氧 气	Nm ³ /tHM	721.0	713.0	-	666.0	930.0
预还原度	%	95.0	30.0	20.0	20.0	0.0
二次燃烧率 或煤气氧化 度	%	-	40.0	60.0	75.0	0.71
二次燃烧热 效 率	%	-	85.0	85.0	80.0	0.70
煤气热值	kJ/Nm ³	7500.0	5855.0	1240	3083.0	3375.0
煤气理论燃 烧 温 度	℃	1721.0	1462.0	567	976.0	1045.0
有价值煤气 回 收 量	Nm ³ /tHM	1632.0	1448.0	0	1183.0	1673.0
煤 耗	kg/tHM	997.0	890.0	861.0	736.0	965.0
制氧或鼓风 电 耗	kWh/tHM	360.5	356.5	230.0	333.0	465.0
总 能 耗	GJ/tHM	25.52	22.73	21.74	19.10	25.10
煤气回收后 吨铁净能耗	GJ/tHM	13.28	14.25	21.74	15.43	19.50

表7 高炉流程的能耗

工 艺 类 型		OBF	BF
鼓 风 温 度	℃	-	1200.0
空 气	Nm ³ /tHM	-	1246.9
氧 气	Nm ³ /tHM	395.0	666.0
循 环 煤 气 量	Nm ³ /tHM	-	-
循 环 煤 气 温 度	℃	-	-
预 还 原 度	%	-	-
二 次 燃 烧 率 或 煤 气 氧 化 度	%	-	-
二 次 燃 烧 热 效 率	%	-	-
吨 铁 煤 气 产 量	Nm ³ /tHM	1043.5	1800.0
煤 气 热 值	kJ/Nm ³	6498.0	2680.7
煤 气 理 论 燃 烧 温 度	℃	1573.0	937.9
煤 气 回 收 量 (烧 换 热 器 消 耗 量)	Nm ³ /tHM	1043.5	775.1
焦 炭 消 耗 量	kg/tHM	305.1	322.3
块 煤 或 煤 粉 消 耗 量	kg/tHM	350.0	200.0
折 合 煤 耗	kg/tHM	735.9	660.3
制 氧 或 鼓 风 电 耗	kWh/tHM	197.5	76.1
总 能 耗	GJ/tHM	18.57	16.31
煤 气 回 收 后 吨 铁 净 能 耗	GJ/tHM	11.81	14.23
热 效 率	%	90.54	85.84

说明书附图

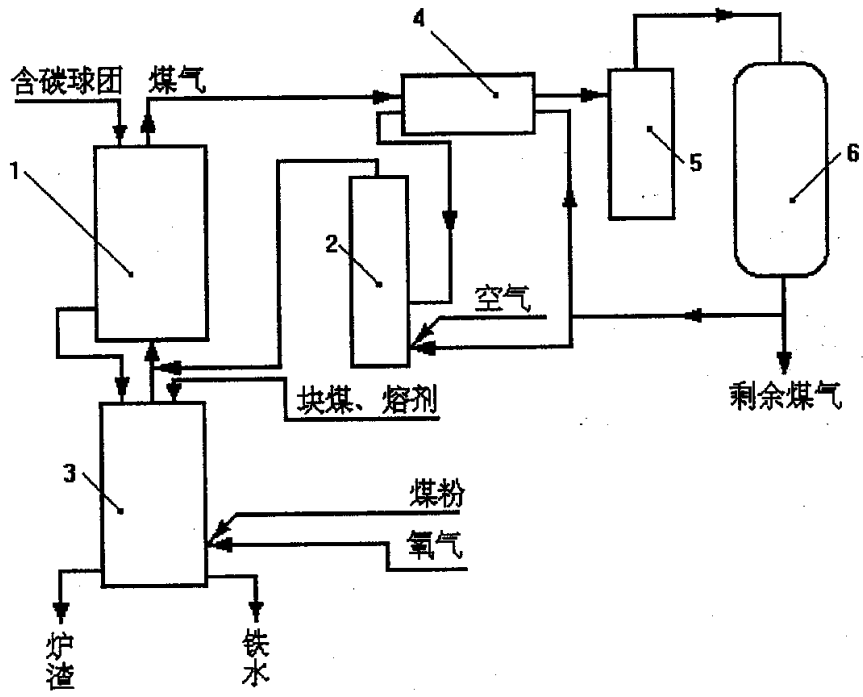


图 1