



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112662824 A

(43) 申请公布日 2021.04.16

(21) 申请号 202011506917.0

(22) 申请日 2020.12.18

(71) 申请人 昆明理工大学

地址 650000 云南省昆明市五华区学府路
253号

(72) 发明人 郑敏 高鹏 王敬泉 范宝山
李康 纳薇 祝星 李孔斋 王华
高文桂 吴军

(74) 专利代理机构 昆明合盛知识产权代理事务
所(普通合伙) 53210

代理人 龙燕

(51) Int.Cl.

C21B 5/00 (2006.01)

权利要求书1页 说明书9页

(54) 发明名称

一种高效利用冶金废气的高炉富氢冶炼工
艺

(57) 摘要

本发明公开了一种高效利用冶金废气的高炉富氢冶炼工艺,工艺流程如下:步骤一:将高炉冶金废气通入高炉一中,向高炉一中通入足够的氧气,经过燃烧反应后,输出的气体成分为一氧化碳:50%-90%,氢气:2%-12%,氮气:3%-30%,二氧化碳:0%-5%,水:1%-5%,产生热值为9700-17000kJ/m³,一部分作为其他工业原料外供,另一部分组成A组分,本发明的步骤一中,向高炉一中通入足够的氧气,再进行燃烧反应,使高炉一中冶金废气的含量变为方便收集的一氧化碳、氢气、氮气、二氧化碳和水,大大方便了后续利用废气的过程,在步骤一中反应所得的热量可集中收集并利用至其他工业反应中,大大节约了成本,使工业废气的用途更广。

1. 一种高效利用冶金废气的高炉富氢冶炼工艺,其特征在于:工艺流程如下:

步骤一:将高炉冶金废气通入高炉一中,向高炉一中通入足够的氧气,经过燃烧反应后,输出的气体成分为一氧化碳:50%-90%,氢气:2%-12%,氮气:3%-30%,二氧化碳:0%-5%,水:1%-5%,产生热值为9700-17000kJ/m³,一部分作为其他工业原料外供,另一部分组成A组分。

步骤二:在高炉二中用无烟煤或焦炭为原料与水蒸气在高温时反应而得水煤气($C+H_2O \rightarrow CO+H_2$ —热),净化后再使它与水蒸气一起通过触媒令其中的CO转化成CO₂($CO+H_2O \rightarrow CO_2+H_2$)可得含氢量在80%以上的气体,这种方法制氢成本较低产量很大,将制得的气体命名为B组分。

步骤三:将A组分的气体与B组分的气体共同通入高炉三中,利用无烟煤或焦炭为原料,在900℃的高温下,B组分中的氢气与A组分中的一氧化碳在高温下的化学反应 $3H_2+CO=CH_4+H_2O$ 。

2. 根据权利要求1所述的一种高效利用冶金废气的高炉富氢冶炼工艺,其特征在于:所述步骤一中,高炉一中产生化学反应的同时,炉中产生的热值可回收用于工业反应。

3. 根据权利要求1所述的一种高效利用冶金废气的高炉富氢冶炼工艺,其特征在于:所述步骤二高炉二中的炉料无烟煤中,碳的含量约为95%以上。

4. 根据权利要求1所述的一种高效利用冶金废气的高炉富氢冶炼工艺,其特征在于:所述步骤二中,B组分气体中氢气的含量为80%以上,二氧化碳的含量为20%以下。

5. 根据权利要求1所述的一种高效利用冶金废气的高炉富氢冶炼工艺,其特征在于:所述步骤三中,在没有催化剂的环境下反应很慢,通入蒸汽,会减缓反应速度,还会发生: $H_2O+CO=CO_2+H_2$,最终产生二氧化碳和氢气,氢气可集中收集并再次回收利用。

6. 根据权利要求1所述的一种高效利用冶金废气的高炉富氢冶炼工艺,其特征在于:所述步骤三中,加入催化剂,使氮气和氢气进行反应,制得冶金行业普遍使用的氨气,其化学反应方程式为 $N_2(g)+3H_2(g) \xrightarrow{\text{催化剂,加热加压}} 2NH_3(g)$ 。

一种高效利用冶金废气的高炉富氢冶炼工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及冶炼工艺技术领域,具体是一种高效利用冶金废气的高炉富氢冶炼工艺。

背景技术

[0002] 根据国际能源署统计钢铁企业的CO₂排放量占全世界CO₂总排放量的6.7%,钢铁企业的废气主要可分为两种,一种为可燃废气,一种为不可燃废气。其中可燃废气有高炉煤气、转炉煤气及焦炉煤气。不可燃废气是指气体中可燃成分较低,CO₂含量高的气体,这部分废气是指烧结废气、热风炉废气、锅炉废气等。

[0003] 高炉煤气中CO₂含量为12%-23%,CO含量为21%-30%,可燃成分较低,CO₂含量较高,热值为3300-4200kJ/m³,目前钢铁企业除了利用高炉煤气余压余热发电外,高炉煤气主要作为燃料用于热风炉、锅炉和烧结点火,其CO₂排放占钢铁企业总排放的70%以上。国内外很多研究围绕高炉煤气脱除CO₂后再利用展开研究,如高炉炉顶煤气循环技术。俄罗斯土拉钢铁的HRG法、日本的JFE法、OHNO法、德国的FINK及欧洲的TGR-BF法等都先后对高炉炉顶煤气循环工艺进行了研究,但炉顶煤气中CO₂的有效脱除是限制高炉炉顶煤气循环工艺的主要因素,据统计每脱除1t的CO₂将增加\$56成本。以前也有发明专利对炉顶煤气循环进行改造。例如CN201410360923.8一种基于喷吹高温煤气的炼铁工艺,针对氧气高炉“下热上冷”的缺点,利用煤气化装置产生的高温煤气混合脱CO₂的炉顶循环煤气分别从炉身和炉缸鼓入高炉,脱除CO₂的炉顶循环煤气。该炼铁工艺煤比可高达240-350kg/tFe,煤气化装置用煤量50-250kg/tFe;焦比降低到180-260kg/tFe。该发明虽然提到了利用煤气化装置生产煤气代替高炉炉顶煤气喷吹,但CO₂脱除问题没有得到根本的解决。

[0004] 另外,氢在高温时还原能力远远高于CO,而且产物H₂O对环境没有危害,是高炉冶炼理想的还原剂,高炉富氢冶炼也是当今的研究热点,高炉富氢冶炼主要是喷吹含氢原料,包括水蒸气、废弃塑料以及天然气等富氢介质。水蒸气通常采用高炉加湿鼓风的形式喷入高炉。高炉喷吹水蒸汽虽然增加了煤气中的H₂含量,但要消耗大量的热量,因此只能作为调节高炉还原剂的作用,不能作为大量提高含氢量的有效手段。德国不莱梅和日本NKK公司已将高炉喷吹废塑料技术应用于实际生产中,每吨铁最大喷吹量达40kg,我国废塑料的种类繁多,由于前期分类或处理手段的不足,目前高炉喷吹塑料在国内还处于研究阶段。天然气的主要成分是CH₄,在天然气资源丰富的地区,例如俄罗斯和北美等地区高炉喷吹天然气最大达到每吨铁155kg,但天然气的来源和价格是制约高炉喷吹天然气的一个重要因素。焦炉煤气中氢含量较高,20世纪80年代初,苏联曾在多座高炉上进行了喷吹焦炉煤气的试验研究,掌握了1.8~2.2m³焦炉煤气替代1m³天然气的冶炼技术;80年代中期,法国索尔梅厂2号高炉进行了喷吹焦炉煤气作业,喷吹量达21000m³/h;美国钢铁公司MONVALLEY厂的2座高炉自1994年开始喷吹焦炉煤气;奥钢联LINZ厂自2002年在5号和6号高炉上喷吹焦炉煤气,用来替代重油;20世纪60年代,国内本钢、徐钢、承钢等单位曾在小高炉上进行了喷吹焦炉煤气的试验研究,并取得了一定的成果。我国优质焦炉煤气供应紧缺的现象,供应量具有不充

分和不确定性,目前国内钢铁企业高炉喷吹焦炉煤气只能当作喷煤的补充,很难实现高炉单一喷吹焦炉煤气。经分析,以上高炉富氢冶炼技术只能作为调节高炉操作的手段,不能保证高炉富氢冶炼的连续性,高炉富氢冶炼中氢的来源问题没有得到根本的解决。

[0005] 传统的高炉冶金用废气利用工艺对冶金时产生的废气回收利用并不充分,在对废气进行反应时由于反应不充分会产生有害气体,最终排放至大气中,易对环境造成破坏。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种高效利用冶金废气的高炉富氢冶炼工艺,以解决上述背景技术中提出的技术问题。

[0007] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0008] 一种高效利用冶金废气的高炉富氢冶炼工艺,工艺流程如下:

[0009] 步骤一:将高炉冶金废气通入高炉一中,向高炉一中通入足够的氧气,经过燃烧反应后,输出的气体成分为一氧化碳:50%-90%,氢气:2%-12%,氮气:3%-30%,二氧化碳:0%-5%,水:1%-5%,产生热值为9700-17000kJ/m³,一部分作为其他工业原料外供,另一部分组成A组分。

[0010] 步骤二:在高炉二中用无烟煤或焦炭为原料与水蒸气在高温时反应而得水煤气($C + H_2O \rightarrow CO + H_2$ —热),净化后再使它与水蒸气一起通过触媒令其中的CO转化成CO₂($CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$)可得含氢量在80%以上的气体,这种方法制氢成本较低产量很大,将制得的气体命名为B组分。

[0011] 步骤三:将A组分的气体与B组分的气体共同通入高炉三中,利用无烟煤或焦炭为原料,在900℃的高温下,B组分中的氢气与A组分中的一氧化碳在高温下的化学反应 $3H_2 + CO = CH_4 + H_2O$ 。

[0012] 作为本发明进一步的方案:所述步骤一中,高炉一中产生化学反应的同时,炉中产生的热值可回收用于工业反应。

[0013] 作为本发明再进一步的方案:所述步骤二高炉二中的炉料无烟煤中,碳的含量约为95%以上。

[0014] 作为本发明再进一步的方案:所述步骤二中,B组分气体中氢气的含量为80%以上,二氧化碳的含量为20%以下。

[0015] 作为本发明再进一步的方案:所述步骤三中,在没有催化剂的环境下反应很慢,通入蒸汽,会减缓反应速度,还会发生: $H_2O + CO = CO_2 + H_2$,最终产生二氧化碳和氢气,氢气可集中收集并再次回收利用。

[0016] 作为本发明再进一步的方案:所述步骤三中,加入催化剂,使氮气和氢气进行反应,制得冶金行业普遍使用的氨气,其化学反应方程式为 $N_2(g) + 3H_2(g) = (\text{催化剂,加热加压}) 2NH_3(g)$ 。

[0017] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0018] 1、本发明的步骤一中,向高炉一中通入足够的氧气,再进行燃烧反应,使高炉一中冶金废气的含量变为方便收集的一氧化碳、氢气、氮气、二氧化碳和水,大大方便了后续利用废气的过程,在步骤一中反应所得的热量可集中收集并利用至其他工业反应中,大大节约了成本,使工业废气的用途更广;

[0019] 2、本发明的步骤二中,以无烟煤或焦炭作为原料和水蒸气加热并反应,生成的一氧化碳和氢气再与水蒸气进行反应后,一氧化碳可转化为二氧化碳,和A组分中的二氧化碳成分相同,方便步骤三的进行,且步骤二中制作氢气的方式成本较低,产量较大,更加方便;

[0020] 3、本发明的步骤三中,以无烟煤或焦炭为原料,在900℃的高温下进行反应,A组分和B组分找那个的气体反应后生成可直接回收利用的甲烷和工业中应用较为广泛的氨气,使冶金废气得以高效回收利用,较传统的废气直接排放更加环保。

具体实施方式

[0021] 一种高效利用冶金废气的高炉富氢冶炼工艺,工艺流程如下:

[0022] 步骤一:将高炉冶金废气通入高炉一中,向高炉一中通入足够的氧气,经过燃烧反应后,输出的气体成分为一氧化碳:50%-90%,氢气:2%-12%,氮气:3%-30%,二氧化碳:0%-5%,水:1%-5%,产生热值为9700-17000kJ/m³,一部分作为其他工业原料外供,另一部分组成A组分。

[0023] 步骤二:在高炉二中用无烟煤或焦炭为原料与水蒸气在高温时反应而得水煤气($C + H_2O \rightarrow CO + H_2$ —热),净化后再使它与水蒸气一起通过触媒令其中的CO转化成CO₂($CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$)可得含氢量在80%以上的气体,这种方法制氢成本较低产量很大,将制得的气体命名为B组分。

[0024] 步骤三:将A组分的气体与B组分的气体共同通入高炉三中,利用无烟煤或焦炭为原料,在900℃的高温下,B组分中的氢气与A组分中的一氧化碳在高温下的化学反应 $3H_2 + CO = CH_4 + H_2O$ 。

[0025] 优选的,所述步骤一中,高炉一中产生化学反应的同时,炉中产生的热值可回收用于工业反应。

[0026] 优选的,所述步骤二高炉二中的炉料无烟煤中,碳的含量约为95%以上。

[0027] 优选的,所述步骤二中,B组分气体中氢气的含量为80%以上,二氧化碳的含量为20%以下。

[0028] 优选的,所述步骤三中,在没有催化剂的环境下反应很慢,通入蒸汽,会减缓反应速度,还会发生: $H_2O + CO = CO_2 + H_2$,最终产生二氧化碳和氢气,氢气可集中收集并再次回收利用。

[0029] 优选的,所述步骤三中,加入催化剂,使氮气和氢气进行反应,制得冶金行业普遍使用的氨气,其化学反应方程式为 $N_2(g) + 3H_2(g) \xrightarrow{\text{催化剂,加热加压}} 2NH_3(g)$ 。

[0030] 实施例一

[0031] 一种高效利用冶金废气的高炉富氢冶炼工艺,工艺流程如下:

[0032] 步骤一:将高炉冶金废气通入高炉一中,向高炉一中通入足够的氧气,经过燃烧反应后,输出的气体成分为一氧化碳:80%,氢气:6%,氮气:10%,二氧化碳:2%,水:2%,产生热值为11352kJ/m³,一部分作为其他工业原料外供,另一部分组成A组分。

[0033] 步骤二:在高炉二中用无烟煤或焦炭为原料与水蒸气在高温时反应而得水煤气($C + H_2O \rightarrow CO + H_2$ —热),净化后再使它与水蒸气一起通过触媒令其中的CO转化成CO₂($CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$),制得的气体中氢气的含量为82%,二氧化碳的含量为18%,将制得的气体命名为B组分。

[0034] 步骤三:将A组分的气体与B组分的气体共同通入高炉三中,利用无烟煤或焦炭为原料,在900℃的高温下,B组分中的氢气与A组分中的一氧化碳在高温下的化学反应 $3H_2+CO=CH_4+H_2O$,制得甲烷的含量为80%,水的含量为2%。

[0035] 所述步骤一中,高炉一中产生化学反应的同时,炉中产生的热值可回收用于工业反应。

[0036] 所述步骤二高炉二中的炉料无烟煤中,碳的含量为95%。

[0037] 所述步骤二中,B组分气体中氢气的含量为82%,二氧化碳的含量为18%以下。

[0038] 所述步骤三中,在没有催化剂的环境下反应很慢,通入蒸汽,会减缓反应速度,还会发生: $H_2O+CO=CO_2+H_2$,最终产生二氧化碳和氢气,氢气可集中收集并再次回收利用。

[0039] 所述步骤三中,加入催化剂,使氮气和氢气进行反应,制得冶金行业普遍使用的氨气,其化学反应方程式为 $N_2(g)+3H_2(g)=(\text{催化剂,加热加压})2NH_3(g)$,其中氨气的含量为18%。

	步骤一	步骤二	步骤三
反应温度 (/℃)	900	900	900
一氧化碳含量 (/%)	80	0	0
氢气含量 (/%)	6	82	0
氮气含量 (/%)	10	0	0
二氧化碳含量 (/%)	2	18	1

[0041] 实施例二

[0042] 一种高效利用冶金废气的高炉富氢冶炼工艺,工艺流程如下:

[0043] 步骤一:将高炉冶金废气通入高炉一中,向高炉一中通入足够的氧气,经过燃烧反应后,输出的气体成分为一氧化碳:80%,氢气:6%,氮气:10%,二氧化碳:3%,水:1%,产生热值为12235kJ/m³,一部分作为其他工业原料外供,另一部分组成A组分。

[0044] 步骤二:在高炉二中用无烟煤或焦炭为原料与水蒸气在高温时反应而得水煤气($C+H_2O\rightarrow CO+H_2$ —热),净化后再使它与水蒸气一起通过触媒令其中的CO转化成CO₂($CO+H_2O\rightarrow CO_2+H_2$),制得的气体中氢气的含量为82%,二氧化碳的含量为18%,将制得的气体命名为B组分。

[0045] 步骤三:将A组分的气体与B组分的气体共同通入高炉三中,利用无烟煤或焦炭为原料,在1000℃的高温下,B组分中的氢气与A组分中的一氧化碳在高温下的化学反应 $3H_2+CO=CH_4+H_2O$,制得甲烷的含量为80%,水的含量为2%。

[0046] 所述步骤一中,高炉一中产生化学反应的同时,炉中产生的热值可回收用于工业

反应。

[0047] 所述步骤二高炉二中的炉料无烟煤中,碳的含量为95%。

[0048] 所述步骤二中,B组分气体中氢气的含量为82%,二氧化碳的含量为18%以下。

[0049] 所述步骤三中,在没有催化剂的环境下反应很慢,通入蒸汽,会减缓反应速度,还会发生: $H_2O+CO=CO_2+H_2$,最终产生二氧化碳和氢气,氢气可集中收集并再次回收利用。

[0050] 所述步骤三中,加入催化剂,使氮气和氢气进行反应,制得冶金行业普遍使用的氨气,其化学反应方程式为 $N_2(g)+3H_2(g)=(\text{催化剂,加热加压})2NH_3(g)$,其中氨气的含量为18%。

[0051]

	步骤一	步骤二	步骤三
反应温度 (/°C)	1000	1000	1000
一氧化碳含量 (/%)	80	0	0
氢气含量 (/%)	6	82	0
氮气含量 (/%)	10	0	0
二氧化碳含量 (/%)	3	18	0.5

[0052] 实施例三

[0053] 一种高效利用冶金废气的高炉富氢冶炼工艺,工艺流程如下:

[0054] 步骤一:将高炉冶金废气通入高炉一中,向高炉一中通入足够的氧气,经过燃烧反应后,输出的气体成分为一氧化碳:80%,氢气:6%,氮气:10%,二氧化碳:3.5%,水:0.5%,产生热值为13426kJ/m³,一部分作为其他工业原料外供,另一部分组成A组分。

[0055] 步骤二:在高炉二中用无烟煤或焦炭为原料与水蒸气在高温时反应而得水煤气($C+H_2O\rightarrow CO+H_2$ —热),净化后再使它与水蒸气一起通过触媒令其中的CO转化成CO₂($CO+H_2O\rightarrow CO_2+H_2$),制得的气体中氢气的含量为82%,二氧化碳的含量为18%,将制得的气体命名为B组分。

[0056] 步骤三:将A组分的气体与B组分的气体共同通入高炉三中,利用无烟煤或焦炭为原料,在1100°C的高温下,B组分中的氢气与A组分中的一氧化碳在高温下的化学反应 $3H_2+CO=CH_4+H_2O$,制得甲烷的含量为80%,水的含量为2%。

[0057] 所述步骤一中,高炉一中产生化学反应的同时,炉中产生的热值可回收用于工业反应。

[0058] 所述步骤二高炉二中的炉料无烟煤中,碳的含量为95%。

[0059] 所述步骤二中,B组分气体中氢气的含量为82%,二氧化碳的含量为18%以下。

[0060] 所述步骤三中,在没有催化剂的环境下反应很慢,通入蒸汽,会减缓反应速度,还

会发生： $\text{H}_2\text{O}+\text{CO}=\text{CO}_2+\text{H}_2$ ，最终产生二氧化碳和氢气，氢气可集中收集并再次回收利用。

[0061] 所述步骤三中，加入催化剂，使氨气和氢气进行反应，制得冶金行业普遍使用的氨气，其化学反应方程式为 $\text{N}_2(\text{g})+3\text{H}_2(\text{g})=(\text{催化剂},\text{加热加压})2\text{NH}_3(\text{g})$ ，其中氨气的含量为18%。

[0062]

	步骤一	步骤二	步骤三
反应温度 (/ $^{\circ}\text{C}$)	1100	1100	1100
一氧化碳含量 (/%)	80	0	0
氢气含量 (/%)	6	82	0
氮气含量 (/%)	10	0	0
二氧化碳含量 (/%)	3.5	18	0.3

[0063] 实施例四

[0064] 一种高效利用冶金废气的高炉富氢冶炼工艺，工艺流程如下：

[0065] 步骤一：将高炉冶金废气通入高炉一中，向高炉一中通入足够的氧气，经过燃烧反应后，输出的气体成分为一氧化碳：80%，氢气：6%，氮气：10%，二氧化碳：4%，水：0%，产生热值为14452kJ/m³，一部分作为其他工业原料外供，另一部分组成A组分。

[0066] 步骤二：在高炉二中用无烟煤或焦炭为原料与水蒸气在高温时反应而得水煤气($\text{C}+\text{H}_2\text{O}\rightarrow\text{CO}+\text{H}_2$ —热)，净化后再使它与水蒸气一起通过触媒令其中的CO转化成CO₂($\text{CO}+\text{H}_2\text{O}\rightarrow\text{CO}_2+\text{H}_2$)，制得的气体中氢气的含量为82%，二氧化碳的含量为18%，将制得的气体命名为B组分。

[0067] 步骤三：将A组分的气体与B组分的气体共同通入高炉三中，利用无烟煤或焦炭为原料，在1200℃的高温下，B组分中的氢气与A组分中的一氧化碳在高温下的化学反应 $3\text{H}_2+\text{CO}=\text{CH}_4+\text{H}_2\text{O}$ ，制得甲烷的含量为80%，水的含量为2%。

[0068] 所述步骤一中，高炉一中产生化学反应的同时，炉中产生的热值可回收用于工业反应。

[0069] 所述步骤二高炉二中的炉料无烟煤中，碳的含量为95%。

[0070] 所述步骤二中，B组分气体中氢气的含量为82%，二氧化碳的含量为18%以下。

[0071] 所述步骤三中，在没有催化剂的环境下反应很慢，通入蒸汽，会减缓反应速度，还会发生： $\text{H}_2\text{O}+\text{CO}=\text{CO}_2+\text{H}_2$ ，最终产生二氧化碳和氢气，氢气可集中收集并再次回收利用。

[0072] 所述步骤三中，加入催化剂，使氨气和氢气进行反应，制得冶金行业普遍使用的氨气，其化学反应方程式为 $\text{N}_2(\text{g})+3\text{H}_2(\text{g})=(\text{催化剂},\text{加热加压})2\text{NH}_3(\text{g})$ ，其中氨气的含量为18%。

	步骤一	步骤二	步骤三
[0073]	反 应 温 度 (/°C)	1200	1200
	一氧化碳含量	80	0
[0074]	(/%)		
	氢 气 含 量 (/%)	6	82
	氮 气 含 量 (/%)	10	0
	二氧化碳含量 (/%)	4	18

[0075] 实施例五

[0076] 一种高效利用冶金废气的高炉富氢冶炼工艺,工艺流程如下:

[0077] 步骤一:将高炉冶金废气通入高炉一中,向高炉一中通入足够的氧气,经过燃烧反应后,输出的气体成分为一氧化碳:80%,氢气:6%,氮气:10%,二氧化碳:4%,水:0%,产生热值为15785kJ/m³,一部分作为其他工业原料外供,另一部分组成A组分。

[0078] 步骤二:在高炉二中用无烟煤或焦炭为原料与水蒸气在高温时反应而得水煤气($C + H_2O \rightarrow CO + H_2$ —热),净化后再使它与水蒸气一起通过触媒令其中的CO转化成CO₂($CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$),制得的气体中氢气的含量为82%,二氧化碳的含量为18%,将制得的气体命名为B组分。

[0079] 步骤三:将A组分的气体与B组分的气体共同通入高炉三中,利用无烟煤或焦炭为原料,在1300°C的高温下,B组分中的氢气与A组分中的一氧化碳在高温下的化学反应 $3H_2 + CO = CH_4 + H_2O$,制得甲烷的含量为80%,水的含量为2%。

[0080] 所述步骤一中,高炉一中产生化学反应的同时,炉中产生的热值可回收用于工业反应。

[0081] 所述步骤二高炉二中的炉料无烟煤中,碳的含量为95%。

[0082] 所述步骤二中,B组分气体中氢气的含量为82%,二氧化碳的含量为18%以下。

[0083] 所述步骤三中,在没有催化剂的环境下反应很慢,通入蒸汽,会减缓反应速度,还会发生: $H_2O + CO = CO_2 + H_2$,最终产生二氧化碳和氢气,氢气可集中收集并再次回收利用。

[0084] 所述步骤三中,加入催化剂,使氮气和氢气进行反应,制得冶金行业普遍使用的氨气,其化学反应方程式为 $N_2(g) + 3H_2(g) \xrightarrow{\text{催化剂,加热加压}} 2NH_3(g)$,其中氨气的含量为18%。

	步骤一	步骤二	步骤三
反应温度 (/°C)	1300	1300	1300
一氧化碳含量 (/%)	80	0	0
[0085] 氢气含量 (/%)	6	82	0
氮气含量 (/%)	10	0	0
二氧化碳含量 (/%)	4	18	1.2

[0086] 实施例六

[0087] 一种高效利用冶金废气的高炉富氢冶炼工艺,工艺流程如下:

[0088] 步骤一:将高炉冶金废气通入高炉一中,向高炉一中通入足够的氧气,经过燃烧反应后,输出的气体成分为一氧化碳:80%,氢气:6%,氮气:10%,二氧化碳:4%,水:0%,产生热值为16627kJ/m³,一部分作为其他工业原料外供,另一部分组成A组分。

[0089] 步骤二:在高炉二中用无烟煤或焦炭为原料与水蒸气在高温时反应而得水煤气($C + H_2O \rightarrow CO + H_2$ —热),净化后再使它与水蒸气一起通过触媒令其中的CO转化成CO₂($CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$),制得的气体中氢气的含量为82%,二氧化碳的含量为18%,将制得的气体命名为B组分。

[0090] 步骤三:将A组分的气体与B组分的气体共同通入高炉三中,利用无烟煤或焦炭为原料,在1400℃的高温下,B组分中的氢气与A组分中的一氧化碳在高温下的化学反应 $3H_2 + CO = CH_4 + H_2O$,制得甲烷的含量为80%,水的含量为2%。

[0091] 所述步骤一中,高炉一中产生化学反应的同时,炉中产生的热值可回收用于工业反应。

[0092] 所述步骤二高炉二中的炉料无烟煤中,碳的含量为95%。

[0093] 所述步骤二中,B组分气体中氢气的含量为82%,二氧化碳的含量为18%以下。

[0094] 所述步骤三中,在没有催化剂的环境下反应很慢,通入蒸汽,会减缓反应速度,还会发生: $H_2O + CO = CO_2 + H_2$,最终产生二氧化碳和氢气,氢气可集中收集并再次回收利用。

[0095] 所述步骤三中,加入催化剂,使氮气和氢气进行反应,制得冶金行业普遍使用的氨气,其化学反应方程式为 $N_2(g) + 3H_2(g) \xrightarrow{\text{催化剂,加热加压}} 2NH_3(g)$,其中氨气的含量为18%。

[0096]		步骤一	步骤二	步骤三
	反 应 温 度 (/°C)	1400	1400	1400
	一氧化碳含量 (/%)	80	0	0
[0097]	氢 气 含 量 (/%)	6	82	0
	氮 气 含 量 (/%)	10	0	0
	二氧化碳含量 (/%)	4	18	1.5

[0098] 综上所述,步骤一、步骤二和步骤三中的反应温度为1100℃的高温时,最终所产生的二氧化碳的含量最低,最低为0.3%。

[0099] 尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,对于本领域的技术人员来说,其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。