



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101643809 B

(45) 授权公告日 2011. 04. 20

(21) 申请号 200910103845. 2

(22) 申请日 2009. 05. 14

(73) 专利权人 中冶赛迪工程技术股份有限公司

地址 400013 重庆市渝中区双钢路1号

(72) 发明人 陈凌 郭敏 彭华国 王怀淳

张涛 李佳楣 金明芳 宋华

王涛 蔡松伯 钱卫强

(74) 专利代理机构 重庆弘旭专利代理有限责任

公司 50209

代理人 张爱云

(51) Int. Cl.

C21B 13/02 (2006. 01)

审查员 宋卫华

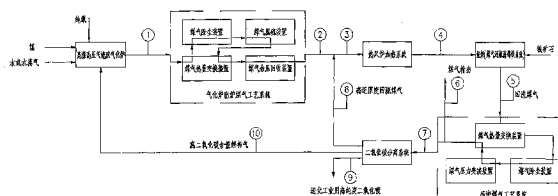
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种煤气化生产海绵铁工艺

(57) 摘要

本发明属于冶金技术领域,公开了一种煤气化生产海绵铁工艺。本发明特征在于:煤与氧气、水或水蒸汽在高温高压气流床气化炉内发生反应,生成富 $\text{CO}+\text{H}_2$ 的还原煤气,该还原煤气经气化炉出炉煤气工艺系统进行除尘、脱硫以及压力、热量变换后,与竖炉炉顶气经回流煤气工艺系统和二氧化碳分离系统后的富 $\text{CO}+\text{H}_2$ 脱碳气混合,然后加热到竖炉所要求的温度范围,再进入竖炉还原铁矿石生产海绵铁。本发明降低高温高压气流床气化炉成本;充分利用竖炉炉顶气循环回流,以降低生产海绵铁所需消耗的用煤量,节约成本;将 CO_2 进行收集并循环利用。



1. 一种煤气化生产海绵铁工艺，其特征在于：煤与氧气、水或水蒸汽在高温高压气流床气化炉内发生反应，生成富 $\text{CO}+\text{H}_2$ 的还原煤气，所述富 $\text{CO}+\text{H}_2$ 还原煤气的 $\text{CO}+\text{H}_2 \geq 80\%$ ，该还原煤气经气化炉出炉煤气工艺系统进行除尘、脱硫以及压力、热量变换后，与竖炉炉顶气经回流煤气工艺系统和二氧化碳分离系统后的富 $\text{CO}+\text{H}_2$ 回流煤气混合，所述富 $\text{CO}+\text{H}_2$ 回流煤气的 $\text{CO}+\text{H}_2$ 为 92% ，然后加热到竖炉所要求的温度范围，再进入竖炉还原铁矿石生产海绵铁；所述的竖炉炉顶气经回流煤气工艺系统除尘及压力热量变换后，一部分用于煤气输出，其余部分通过二氧化碳分离系统分离，得到富 $\text{CO}+\text{H}_2$ 含量的回流煤气，该回流煤气与气化炉出炉煤气工艺系统的出口煤气混合，混合后的湿煤气中 $\text{CO}+\text{H}_2 \geq 85\%$ ，然后加热到竖炉所要求的温度 850°C ，再进入竖炉还原铁矿石生产海绵铁。

2. 根据权利要求 1 所述的煤气化生产海绵铁工艺，其特征在于：所述的回流煤气工艺系统包括煤气的除尘装置、热量交换装置和压力变换装置，对炉顶气进行除尘、热量以及压力变换处理，得到温度 40°C 的煤气进入后续工艺。

3. 根据权利要求 1 所述的煤气化生产海绵铁工艺，其特征在于：所述的高温高压气流床气化炉生成富 $\text{CO}+\text{H}_2$ 还原煤气，气化压力 $0.5 \sim 8.5\text{MPa}$ ，气化温度为 $1000 \sim 1700^\circ\text{C}$ ，生成还原煤气中的 $\text{CO}+\text{H}_2 \geq 80\%$ 。

4. 根据权利要求 1 所述的煤气化生产海绵铁工艺，其特征在于：所述的竖炉炉顶回流煤气与气化炉出炉煤气工艺系统的出口煤气混合后进行加热，加热采用的是热风炉加热，加热到 850°C 进入竖炉，参与生产海绵铁的反应。

5. 根据权利要求 1 所述的煤气化生产海绵铁工艺，其特征在于：所述的竖炉炉顶气经过回流煤气工艺系统和二氧化碳分离系统后的富 CO_2 解析气，一部分进行回流，与煤、氧气、水或水蒸汽在高温高压气流床气化炉内发生反应，生成富 $\text{CO}+\text{H}_2$ 的还原煤气，另一部分经进一步处理后作为化工行业的原料气输出；或者不进行回流将全部富 CO_2 解析气经处理后作为原料气输出。

一种煤气化生产海绵铁工艺

技术领域

[0001] 本发明属于冶金技术领域，涉及钢铁厂利用煤气化产生的还原煤气生产海绵铁的工程领域，公开了一种煤气化生产海绵铁工艺。

技术背景

[0002] 在国内外节能减排的大环境下，在高炉中利用焦炭、烧结矿或球团矿生产铁水，进而送转炉炼钢的长流程炼钢工艺的缺陷十分明显，例如焦煤资源的短缺、焦化和烧结的占地及成本、三废的大量排放等等。利用海绵铁和废钢炼钢的短流程工艺可省去焦化、烧结方面的投资，废弃物排放较少，经济和环境效益十分明显。短流程炼钢中海绵铁的获得是关键，除了炼钢外，高质量的海绵铁可直接应用于粉末冶金等领域。

[0003] 目前国内外利用煤气化产生的还原煤气生产海绵铁的工艺主要分三类：1) 西门子奥钢联 (SVAI) 公司的 COREX 专利体系中，指明了可以利用产生铁水的熔分炉的出炉煤气作为还原气生产海绵铁。目前国内外比较成熟的生产海绵铁工艺和工业装置都没有脱出西门子奥钢联 (SVAI) 的 COREX 专利体系，因牵涉到 COREX 专利，此类工艺的成本均十分昂贵。2) 宝钢公司和山东鲁化公司提出的利用水煤浆和氧反应生成的还原气进行处理加工，最后得到富氢 ($H_2 : CO = 0.73 \sim 8.5$) 还原气进入竖炉的工艺。该工艺对还原气成分要求严格，且煤气利用率不高，废弃物排放没有解决。3) 中冶赛迪工程技术股份有限公司针对粉煤气化生产海绵铁进行了深入的研究，提出了利用高压粉煤气化技术来生产 $CO+H_2 > 90\%$ 的还原气，并且利用 CO_2 作为气力输送的输送介质返流至气化炉的新工艺，其余的 CO_2 以液态形式储存备用。该工艺对还原气成分要求高 ($CO+H_2 > 90\%$)，只针对成本昂贵的高压粉煤气化技术，投资较高；其次，该工艺提出将竖炉炉顶气经洗涤后再次加热后进入竖炉，这将会大大降低还原煤气还原度，因为竖炉炉顶气的 $CO+H_2$ 仅为 60% 左右；另外，该工艺采用的管式炉和部分氧化法二步煤气加热方式会损失 $\sim 5\%$ 的还原气，这种情况下再混合 $CO+H_2$ 为 $\sim 60\%$ 的竖炉炉顶煤气进入竖炉，此时的煤气还原度能否保证值得商榷。

[0004] 综上所述，除西门子奥钢联 (SVAI) 公司的 COREX 专利体系外，目前国内外的煤气化生产海绵铁工艺都存在一些缺陷，如要工业化，还需进一步改进。

[0005] 本发明所涉及到的煤气成分百分比，除特别说明外，均为干煤气成分百分比。

发明内容

[0006] 针对国内外的煤气化生产海绵铁工艺所存在的问题，从节能减排和技术国产化的思路出发，提出了一种煤气化生产海绵铁工艺。本发明特征在于：煤与氧气、水或水蒸汽在高温高压气流床气化炉内发生反应，生成富 $CO+H_2$ 的还原煤气，该还原煤气经气化炉出炉煤气工艺系统进行除尘、脱硫以及压力、热量变换后，然后加热到竖炉所要求的温度范围，再进入竖炉生产海绵铁；竖炉炉顶气经回流煤气工艺系统和二氧化碳分离系统的富 CO_2 解析气，回流至高温高压气流床气化炉内，与煤、氧气、水或水蒸汽在高

温高压气流床气化炉内发生反应。

[0007] 通过流程优化计算,降低还原煤气还原成分要求至 $\text{CO}+\text{H}_2\geq 80\%$,以降低高温高压气流床气化炉成本;充分利用竖炉炉顶气循环回流,以降低生产单位质量海绵铁所需消耗的用煤量,节约成本;将 CO_2 进行收集并循环利用,使 CO_2 零排放,以达到减少废气排放的目的。

[0008] 本发明提出的工艺包括 6 个子工艺系统,分别是:1) 高温高压气流床气化炉;2) 气化炉出炉煤气工艺系统;3) 热风炉加热系统;4) 煤气还原海绵铁系统;5) 回流煤气工艺系统;6) 二氧化碳分离系统。通过输送管道和输送装置将上述 6 个工艺系统连接在一起,达到煤气化生产海绵铁的目的。

[0009] 工艺的流程如下:

[0010] 1) 首先是煤、氧气、水或水蒸气以及一部分从竖炉回流煤气中解析出来的富 CO_2 解析气(此部分富 CO_2 解析气可为零),在高温高压气流床气化炉内发生反应,气化炉内气化压力为 $0.5 \sim 8.5\text{MPa}$,气化温度为 $1000 \sim 1700^\circ\text{C}$,生成 $\text{CO}+\text{H}_2\geq 80\%$ 的还原煤气。富 CO_2 解析气与煤的反应 $(\text{C}+\text{CO}_2 = 2\text{CO})$ 是吸热反应,可通过这部分解析气来调节气化炉出口煤气温度。

[0011] 2) 气化炉出口煤气经过气化炉出炉煤气工艺系统处理,包括煤气的除尘、脱硫、热量交换,余压回收处理后,得到满足竖炉进口压力要求的低温煤气。

[0012] 3) 气化炉出炉煤气工艺系统处理后的煤气与经过二氧化碳分离系统脱碳的竖炉回流煤气混合,混合煤气进入热风炉加热系统。

[0013] 4) 还原煤气通过热风炉系统加热到竖炉所需的温度后,进入竖炉与铁矿石反应生成金属化率 $\geq 92\%$ 的海绵铁。采用热风炉加热煤气还原气成分损失极小,极少量的析碳直接参与燃烧放热反应,不引起堵塞。

[0014] 5) 竖炉反应后的炉顶气进行回流循环利用,经煤气的除尘、热量交换、压力变换后,得到较大部分温度 $\sim 40^\circ\text{C}$ 、且压力满足经过二氧化碳分离系统后压力略大于回流煤气,通过二氧化碳分离系统脱碳后回流至竖炉,其余部分作为钢铁厂煤气输出。

[0015] 6) 煤气进入二氧化碳分离系统(可以是 PSA 或 VPSA 分离装置)后,得到还原煤气以及解析气。还原煤气回流与气化炉出炉煤气工艺系统处理后的煤气混合加热后回流至竖炉重复利用;解析气可以全部提纯后作为化工行业的原料气输出,也可以一部分回流至高温高压气流床气化炉内发生反应,另一部分经进一步提纯后作为原料气输出。

[0016] 从上述分析可知,利用本次发明专利的新工艺,理论上可以没有 CO_2 排放,且最大程度的利用了竖炉的出口煤气,整个工艺从技术上来说是十分优化的。

[0017] 本发明专利的新工艺是利用煤气化产生的还原煤气来生产金属化率 $\geq 92\%$ 的海绵铁。本工艺具有如下的有益效果:

[0018] 1) 充分的利用竖炉的副产煤气,将竖炉炉顶气脱碳后的高还原度煤气参与循环回流,大大减少了单位产量海绵铁所需消耗的煤($\sim 50\%$),从而大大减少高温高压气流床气化炉以及气化炉出炉煤气工艺系统的投资和能耗,具有高度节约能源的特点。

[0019] 2) 利用 1) 所述的竖炉炉顶气参与循环回流,可以降低对高温高压气流床气化炉产生的煤气还原度要求。只要高温高压气流床气化炉满足产生的还原煤气 $\text{CO}+\text{H}_2\geq 80\%$,通过与脱碳后循环回流的竖炉炉顶气混合,即可达到竖炉入口煤气 $\text{CO}+\text{H}_2\geq 85\%$ (湿煤气

百分比)的要求。煤气化产生的还原煤气还原度降低,可以大大节省高温高压气流床气化炉的投资,对整个工艺的工业化具有十分重大的价值。

[0020] 3) 竖炉的副产煤气,除用于竖炉回流外,多余的部分作为钢铁厂煤气输出,此部分输出煤气热值较高,可达到 $6000 \sim 7000 \text{ KJ/m}^3$,可用于球团厂制球团、燃气轮机联合循环发电(CCPP)、制造化工产品、等等,用处十分广泛。

[0021] 4) 竖炉的副产煤气经脱碳后产生的富 CO_2 解析气,一部分作为反应气返送回高温高压气流床气化炉,在高温高压气流床气化炉内与煤、氧气、水或水蒸气发生反应,生成 $\text{CO}+\text{H}_2 \geq 80\%$ 的还原煤气;另一部分经进一步提纯后作为化工行业的原料气输出。利用一部分 CO_2 (理论上可达 $\sim 30\%$) 作为反应气参与气化反应,可以调节气化煤气温度,且可以在产气量不变的情况下节省一部分煤,具有经济节能的特点;另外,多余的高纯度 CO_2 气体作为化工原料气使用,不直接排放,达到了减排的目的,理论上 CO_2 可以实现零排放。

[0022] 图面说明

[0023] 附图为本发明的工艺流程图。

具体实施方式

[0024] 下面结合附图对本发明作进一步描述,但本发明不仅局限于此。

[0025] 本工艺包括 6 个子工艺系统: 1) 高温高压气流床气化炉; 2) 气化炉出炉煤气工艺系统; 3) 热风炉加热系统; 4) 竖炉(煤气还原海绵铁系统); 5) 回流煤气工艺系统; 6) 二氧化碳分离系统。

[0026] 1) 非炼焦煤经过磨煤机研磨后,与氧气、水或水蒸汽以及一部分从竖炉回流煤气中解析出来的富 CO_2 的解析气(此部分富 CO_2 解析气可为零)在高温高压气流床气化炉内发生反应,生成 $\text{CO}+\text{H}_2 \geq 80\%$ 、 N_2 含量 $< 1\%$ 、气化压力为 $0.5 \sim 8.5 \text{ MPa}$ 、气化温度为 $1000 \sim 1700^\circ\text{C}$ 的还原煤气①,通过将回流的富 CO_2 解析气与煤一起喷入气化炉中进行反应可控制气化炉出口煤气温度到适合后续工艺的温度范围内。

[0027] 2) 气化炉的出口煤气在气化炉出炉煤气工艺系统的流程如下: 气化炉的出口煤气经过煤气热量交换装置(如废热锅炉)降温到煤气除尘装置所需的温度,除尘采用粗除尘加干式布袋除尘器的方式进行,除尘后的煤气含尘量 $\leq 5 \text{ mg/Nm}^3$; 除尘后的煤气先经过煤气脱硫装置中的湿法脱硫粗脱硫至 200 mg/Nm^3 ,再经过煤气脱硫装置中的干法脱硫精脱硫至 $< 20 \text{ mg/Nm}^3$; 脱硫后的煤气再通过煤气热量交换装置被加热到 245°C ,然后进入煤气余压回收装置(TRT)进行压力回收,压力降到比竖炉入口要求的煤气压力略高 0.2 MPa 左右,如竖炉为低压竖炉,则煤气余压回收时需进行两次加热+余压回收的流程,以防煤气温度降低到露点以下析出冷凝水腐蚀设备。

[0028] 3) 气化炉出炉煤气工艺系统的出口煤气② $\text{CO}+\text{H}_2 \geq 80\%$,其与经过二氧化碳分离系统脱碳竖炉回流煤气⑧ $\text{CO}+\text{H}_2 = \sim 92\%$ 混合,按一定比例混合后得到 $\text{CO}+\text{H}_2 \geq 85\%$ (湿煤气百分比)的煤气③进入热风炉加热系统。

[0029] 4) $\text{CO}+\text{H}_2 \geq 85\%$ (湿煤气百分比)的还原煤气③通过热风炉系统加热到竖炉所需的温度 850°C 左右的还原煤气④后,进入竖炉与铁矿石(块矿和球团矿)反应生成金属化率 $\geq 92\%$ 的海绵铁。

[0030] 5) 竖炉反应后的炉顶气⑤ $\text{CO}+\text{H}_2$ 在 60% 左右, 炉顶气经回流煤气工艺系统处理后, 一部分作为钢铁厂煤气输出⑥, 输出煤气热值较高, 可达到 $6000 \sim 7000 \text{KJ/m}^3$; 其余部分用于竖炉回流循环利用。

[0031] 6) 炉顶气⑤在回流煤气工艺系统里的流程如下: 首先经过煤气热量交换装置(如管壳式换热器)降温到煤气除尘装置所需的温度, 除尘采用粗除尘加干式布袋除尘器的方式进行, 除尘后的煤气含尘量 $\leq 5 \text{mg/m}^3$; 除尘后的煤气经过煤气压力变换装置和热量交换装置进行压力变换和热量交换, 得到较大部分温度 $\sim 40^\circ\text{C}$ 回流煤气⑦和输出煤气⑥, 回流煤气⑦的压力满足经过二氧化碳分离系统后压力略大于气化炉出炉煤气工艺系统的出口煤气②煤气压力, 同时温度满足二氧化碳分离系统的入口温度要求($\sim 40^\circ\text{C}$), 煤气⑥输出满足钢铁厂用户要求。

[0032] 7) 回流煤气⑦进入二氧化碳分离系统(如 PSA 或 VPSA 分离装置)后, 得到 $\text{CO}+\text{H}_2 = \sim 92\%$ 的还原煤气⑧, 以及 $\text{CO}_2 = \sim 90\%$ 的输出解析气⑨和回流解析气⑩。

[0033] $\text{CO}+\text{H}_2 = \sim 92\%$ 的还原煤气⑧与气化炉出炉煤气工艺系统的出口煤气②混合, 混合后得到 $\text{CO}+\text{H}_2 \geq 85\%$ (湿煤气百分比) 的煤气③, 加热后 850°C 左右的还原煤气④回流至竖炉重复利用; $\text{CO}_2 = \sim 90\%$ 的输出解析气⑨可以全部提纯后作为化工行业的原料气输出。也可用一部分 $\text{CO}_2 = \sim 90\%$ 的回流解析气⑩送入高温高压气流床气化炉内发生反应, 另一部分 $\text{CO}_2 = \sim 90\%$ 的输出解析气⑨提纯后作为原料气输出。

[0034] 本发明通过流程优化计算, 降低还原煤气还原成分要求至 $\text{CO}+\text{H}_2 \geq 80\%$, 以降低高温高压气流床气化炉成本; 充分利用竖炉炉顶气循环回流, 以降低生产单位质量海绵铁所需消耗的用煤量, 节约成本; 将 CO_2 进行收集并循环利用, 理论上可以达到 CO_2 零排放, 以达到减少废气排放的目的。

