



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102656112 B

(45) 授权公告日 2014. 08. 27

(21) 申请号 201080057032. 5

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 12. 08

C01B 3/38 (2006. 01)

(30) 优先权数据

102009058687. 3 2009. 12. 16 DE

102010020406. 4 2010. 05. 12 DE

(56) 对比文件

WO 2005/118126 A1, 2005. 12. 15,

CN 101450239 A, 2009. 06. 17,

CN 101460233 A, 2009. 06. 17,

CN 101516766 A, 2009. 08. 26,

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 06. 15

审查员 李文涛

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2010/007460 2010. 12. 08

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/072815 DE 2011. 06. 23

(73) 专利权人 鲁奇有限责任公司

地址 德国美因河畔法兰克福

(72) 发明人 贝恩德·波尔斯特 亚历山大·勒施

马修·谢弗 迪特尔·乌尔伯

乌尔里希·沃尔夫

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 沈同全 车文

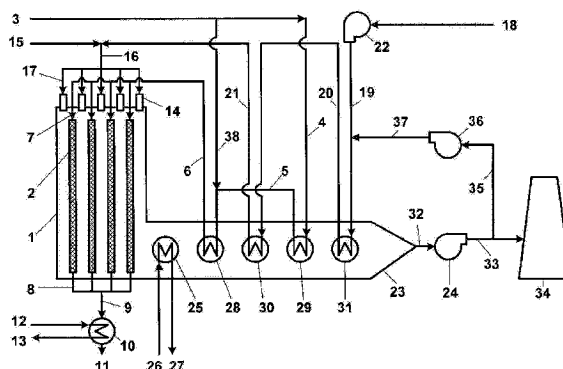
权利要求书3页 说明书8页 附图1页

(54) 发明名称

用于操作重整炉的方法和重整设备

(57) 摘要

一种用于含碳氢化合物的输入材料的蒸汽重整的方法,其中烟道气的一部分在离开重整器炉的废热部之后并在进入烟道气处置系统之前分支并被引导回重整器炉。借助于改变回送的烟道气的比例,向外部负载排出的输出流的量可在宽的范围上改变。这样,输出蒸汽的量即使在重整器的部分负载操作期间也能保持恒定。替代地,在重整器的满负载操作期间,借助于回送的烟道气质量流的合适变化,输出蒸汽的量的降低或进一步的提高是可能的。



1. 一种通过在蒸汽重整器中对碳氢化合物给料进行催化蒸汽重整来生产合成气产品气和至少一个产品蒸汽流的方法,所述蒸汽重整器具有所述合成气产品气的可变生产能力,其中所述蒸汽重整器包括多根含催化剂的重整器管和重整器炉,所述重整器炉具有用于点燃所述重整器管的燃烧器,其中热的合成气产品气流以形成冷却的合成气产品气流与第一部分蒸汽流的方式通过相对于水流的间接热交换在至少一个热交换器中被冷却,其中所述第一部分蒸汽流供应至所述产品蒸汽流,以及

其中所述重整器的操作包括以下步骤:

(a) 以形成燃烧器给料的方式将燃料、燃烧空气和至少一个烟道气再循环流供应至所述重整器炉,

(b) 以形成热的烟道气流的方式在所述燃烧器中燃烧所述燃烧器给料,

(c) 以形成冷却的烟道气流与被供应至所述产品蒸汽流的第二部分蒸汽流的方式通过相对于水流的间接热交换在至少一个热交换器中冷却所述热的烟道气流,

(d) 将冷却的烟道气流分成烟道气废气流与至少一个烟道气再循环流,其中所述烟道气再循环流被再循环至步骤(a),

其特征在于,再循环的烟道气的质量流随着减少所述合成气产品气的质量流而增加,使得通过增加所述第二部分蒸汽流获得恒定或近似恒定的产品蒸汽流。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述烟道气再循环流的再循环借助于具有可调整的输送能力的输送装置实现。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,所述烟道气再循环流被添加至所述燃烧空气。

4. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,所述烟道气再循环流在预热所述燃烧空气之前和/或之后被添加至所述燃烧空气。

5. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,鼓风机用作输送装置。

6. 一种通过在蒸汽重整器中对碳氢化合物给料进行催化蒸汽重整来生产合成气产品气和至少一个产品蒸汽流的方法,其中所述蒸汽重整器包括多根含催化剂的重整器管和重整器炉,所述重整器炉具有用于点燃所述重整器管的燃烧器,其中热的合成气产品气流以形成冷却的合成气产品气流与第一部分蒸汽流的方式通过相对于水流的间接热交换在至少一个热交换器中被冷却,其中所述第一部分蒸汽流供应至所述产品蒸汽流,以及

其中所述重整器的操作包括以下步骤:

(a) 以形成燃烧器给料的方式将燃料、燃烧空气和至少一个烟道气再循环流供应至所述重整器炉,

(b) 以形成热的烟道气流的方式在所述燃烧器中燃烧所述燃烧器给料,

(c) 以形成冷却的烟道气流与被供应至所述产品蒸汽流的第二部分蒸汽流的方式通过相对于水流的间接热交换在至少一个热交换器中冷却所述热的烟道气流,

(d) 将冷却的烟道气流分成烟道气废气流与至少一个烟道气再循环流,其中所述烟道气再循环流被再循环至步骤(a),

其特征在于,再循环的烟道气的质量流随着所述合成气产品气的恒定的质量流而减少,使得通过减少所述第二部分蒸汽流获得减少的产品蒸汽流。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述烟道气再循环流的再循环借助于具

有可调整的输送能力的输送装置实现。

8. 根据权利要求6或7所述的方法,其特征在于,所述烟道气再循环流被添加至所述燃烧空气。

9. 根据权利要求6或7所述的方法,其特征在于,所述烟道气再循环流在预热所述燃烧空气之前和/或之后被添加至所述燃烧空气。

10. 根据权利要求6或7所述的方法,其特征在于,鼓风机用作输送装置。

11. 一种通过在蒸汽重整器中对碳氢化合物给料进行催化蒸汽重整来生产合成气产品气和至少一个产品蒸汽流的方法,其中所述蒸汽重整器包括多根含催化剂的重整器管和重整器炉,所述重整器炉具有用于点燃所述重整器管的燃烧器,其中热的合成气产品气流以形成冷却的合成气产品气流与第一部分蒸汽流的方式通过相对于水流的间接热交换在至少一个热交换器中被冷却,其中所述第一部分蒸汽流供应至所述产品蒸汽流,以及

其中所述重整器的操作包括以下步骤:

(a) 以形成燃烧器给料的方式将燃料、燃烧空气和至少一个烟道气再循环流供应至所述重整器炉,

(b) 以形成热的烟道气流的方式在所述燃烧器中燃烧所述燃烧器给料,

(c) 以形成冷却的烟道气流与被供应至所述产品蒸汽流的第二部分蒸汽流的方式通过相对于水流的间接热交换在至少一个热交换器中冷却所述热的烟道气流,

(d) 将冷却的烟道气流分成烟道气废气流与至少一个烟道气再循环流,其中所述烟道气再循环流被再循环至步骤(a),

其特征在于,再循环的烟道气的质量流随着所述合成气产品气的恒定的质量流而增加,使得通过增加所述第二部分蒸汽流获得增加的产品蒸汽流。

12. 根据权利要求11所述的方法,其特征在于,所述烟道气再循环流的再循环借助于具有可调整的输送能力的输送装置实现。

13. 根据权利要求11或12所述的方法,其特征在于,所述烟道气再循环流被添加至所述燃烧空气。

14. 根据权利要求11或12所述的方法,其特征在于,所述烟道气再循环流在预热所述燃烧空气之前和/或之后被添加至所述燃烧空气。

15. 根据权利要求11或12所述的方法,其特征在于,鼓风机用作输送装置。

16. 通过根据前述权利要求中的任一项所述的方法获得的产品蒸汽流至少部分地作为输出蒸汽的用途。

17. 一种用于实施根据权利要求1-15中的任一项所述的方法的设备,其特征在于,

- 重整器炉,所述重整器炉具有燃烧器和多根含催化剂的重整器管,

- 用于冷却热的合成气产品气流的至少一个热交换器,所述用于冷却热的合成气产品气流的至少一个热交换器用于以形成冷却的热合成气产品气流与第一部分蒸汽流的方式通过相对于水流的间接热交换冷却所述热的合成气产品气流,

- 用于测量所述合成气产品气的质量流的测量装置,

- 用于冷却热的烟道气流的至少一个热交换器,所述用于冷却热的烟道气流的至少一个热交换器用于以形成冷却的烟道气流与第二部分蒸汽流的方式通过相对于水流的间接热交换冷却所述热的烟道气流,

- 用于测量再循环的烟道气的质量流的测量装置,
- 用于测量产品蒸汽质量流的测量装置,
- 输送装置,所述输送装置具有可调整的输送能力,用于将烟道气再循环流再循环至所述重整器炉。

18. 根据权利要求 17 所述的设备,其特征在于,鼓风机用作输送装置。

用于操作重整炉的方法和重整设备

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于操作重整炉的方法,使得所述重整炉允许相对于作为碳氢化合物的蒸汽重整的二次产物获得的产品蒸汽的最佳灵活性。本发明此外涉及用于实施根据本发明的方法的设备。

背景技术

[0002] 借助于蒸汽,碳氢化合物可被催化地转变成合成气,即氢 (H_2) 与一氧化碳 (CO) 的混合物。如在 Ullmann 的工业化学百科全书 (Encyclopedia of Industrial Chemistry)(第六版,1998 年电子版,关键词“气体产品”)中,该所谓的蒸汽重整是用于合成气的生产的最频繁使用的方法,所述合成气随后可被转变成诸如甲醇或氨的更重要的基本化学制品。尽管可转变诸如石脑油、液化气体或精炼气体的不同的碳氢化合物,但用含甲烷天然气的蒸汽重整是占统治地位的。

[0003] 天然气的蒸汽重整是强吸热的。因此,所述蒸汽重整在重整炉中实施,在所述重整炉中,许多含催化剂的重整炉管并联布置,并且在所述重整炉中,蒸汽重整反应发生。重整炉的外壁镶有或设有经得起一直到 1200°C 的温度的多层耐火材料。重整炉管通常借助于安装在重整炉的上表面或下表面上并直接点燃 (fire) 重整炉管之间的空间的燃烧器点燃。到重整炉管的传热通过热烟道气的热辐射和对流热传输实现。

[0004] 在由热交换器或火焰加热器预热至大约 500°C 之后,碳氢化合物蒸汽混合物在最终加热至大约 500°C 至 800°C 之后进入重整炉管,并在那里于重整催化剂处被转变,以获得一氧化碳和氢。广泛地使用了镍基重整催化剂。当高级碳氢化合物被完全转变成一氧化碳和氢的同时,通常在甲烷的情况下实现部分转化。产品气的成分由反应平衡决定;除一氧化碳与氢之外,产品气因此还包含未转变的甲烷与蒸汽。

[0005] 在离开重整炉之后,热的合成气的产品气在一个或多个热交换器中通过与水流的间接热交换被冷却。水流被蒸发,并且可作为高压蒸汽被释放至在重整设备的内部和外部的负载。在上述情形下,释放的蒸汽流称为输出蒸汽。在热烟道气的冷却时,还获得同样可作为输出蒸汽被释放的高压蒸汽。部分冷却的合成气产品气随后经历依赖于所期望的产品的类型或随后的过程的进一步的调节步骤。

[0006] 以有效的方式,蒸汽重整设备因此产生两种主要产品,即合成气与可能由多部分蒸汽流组成的产品蒸汽流,所述产品蒸汽流全部地或部分地作为输出蒸汽被释放。消耗合成气产品的负载(例如氢产生、氧化合成、CO 的产生)通常与消耗输出蒸汽的负载不一样。不利的是,由于两种产品合成气与产品蒸汽的生产率彼此耦合并且输出蒸汽的生产率仅可在非常小的程度适应,所以在合成气生产与输出蒸汽的消耗之间可出现差异。具体地,在蒸汽重整器的部分负载操作下,可能无法维持向外部负载发送的输出蒸汽量。此外,例如在设备停止的情况下或者在消耗设备的部分负载操作下,临时降低要释放的输出蒸汽量可能是合乎需要的。

[0007] 在现有技术中,因此已描述了用于甲烷的蒸汽重整的方法,在该方法中,所述方法

试图实现输出的蒸汽生产与合成气生产的分开。欧洲专利申请 EP 2103568A2 例如描述了用于甲烷的蒸汽重整的方法,在所述方法中,实质上不向外部负载释放输出蒸汽。上述情形以如下方式实现:一方面,实质上在重整过程本身中消耗所产生的全部蒸汽。另一方面,例如以如下方式使蒸汽产生最小:借助于富氧空气在重整器炉中燃烧燃料,由此降低可用于与水/蒸汽流的间接热交换的热燃烧废气的质量流。此外,提出使用通过与热合成气产品气或热燃烧废气的间接热交换传送的热量,用于使随后用于在蒸汽涡轮中的能量产生的蒸汽流过热。由此获得的能量继而可用于氧产生或燃烧空气的富氧。在此不利的是昂贵的设备构思。

[0008] 在专利说明书 EP 2103569A2 中采用了用于类似的使蒸汽输出最小的方法。除重整器内产生的蒸汽基本完全的消耗之外,冷却的合成气产品气被供应至将二氧化碳分开的变压吸附。变压吸附的富氢并因此具有增加的热值的获得的产品气被部分地再循环至重整器炉,并在那里用作燃料。由于以高成本产生的贵重产品氢仅用热的方法被燃烧利用,所以上述情形是不利的。

[0009] 在碳氢化合物工程(Hydrocarbon Engineering)(2001),6(8),pp. 47-50 中,Grant 等描述了一种用于氢生产的新颖的蒸汽重整设备以及关于要观察的环境要求与装配场地的限制而在所述新颖的蒸汽重整装置的构造中出现的问题。声明的是,通过采用与预重整器单元结合的新颖类型的重整器,例如能实现输出蒸汽流的降低。

[0010] 然而,在现有技术中到目前为止没有考虑相反的情况,在所述相反的情况中,稳定的高输出蒸汽量在蒸汽重整器的可变负载状态或部分负载操作的情况下同样变得可能。然而,尤其地,该操作模式在集成的工业综合设备中是相关的,在所述集成的工业综合设备中,蒸汽重整器被嵌入在消耗输出蒸汽的多个相邻的设备中。在此,输出蒸汽的稳定释放对于整个过程的经济性非常重要。由于上述不利,所以还存在对替代性方法的需求,在所述替代性方法中,即使在重整器的满负载操作下,也能至少临时地降低所释放的输出蒸汽量。最后,本发明提供一种方法,在所述方法中,即使重整器已在满负载操作下操作,也能进一步增加所释放的输出蒸汽量。

发明内容

[0011] 因此,本发明的目的是提供一种用于蒸汽重整碳氢化合物给料的方法,在所述方法中,两种产品合成气与输出蒸汽的生产率彼此分开。具体地,本发明应形成一种方法,通过所述方法,即使在蒸汽重整的部分负载操作下,也能提供全输出蒸汽量。本发明的替代性目的是提供一种方法,采用所述方法,在重整器的满负载操作下,能降低或进一步提高所释放的输出蒸汽量。

[0012] 根据本发明的目的的解决方案大致可从权利要求 1 至 3 的特征部分与相应的前序部分的特征相结合得到。可从从属权利要求理解本发明另外的有利方面。

[0013] 通过重整器炉的燃烧器中的燃烧器给料的燃烧获得的烟道气的一部分再循环至燃烧器在碳氢化合物的蒸汽重整中是本身已知的措施。在德国公开 DE 2513499A 中,例如,提出了一种新颖的重整器炉,在所述重整器炉中,到重整器管的热传输仅通过对流实现并且仅较小部分通过热辐射实现。除其他结构措施之外,上述情形以如下方式实现:烟道气的一部分在可选择的再压缩之后被再循环至炉,与燃料和燃烧空气混合,并被再循环至燃烧

器。烟道气到燃烧的部分再循环此外在燃烧发电技术中是已知的措施,其中,所述烟道气到燃烧的部分再循环用于降低 CO 与氧化氮的排放。已发现的是,当烟道气再循环流的大小可调整并且与蒸汽重整器的合成气生产能力相关时,烟道气的一部分的再循环令人惊讶地导致根据本发明的目的的解决方法。合成气生产能力被理解为合成气产品气的质量流。

[0014] 根据本发明,再循环烟道气的质量流例如在重整器的部分负载操作下可随着降低合成气产品气的质量流而提高,使得通过提高第二部分蒸汽流,获得恒定或近似恒定的产品蒸汽流。根据本发明,另一方面,再循环烟道气的质量流可随着合成气产品气的恒定的质量流而降低,使得通过降低第二部分蒸汽流,获得降低的产品蒸汽流。在本发明的替代性方面中,最终提供的是,再循环烟道气的质量流随着合成气产品气的恒定的质量流而提高,使得通过提高第二部分蒸汽流,获得提高的产品蒸汽流。

[0015] 通过描述的本发明的方面,输出蒸汽生产与合成气生产分开,这提供所释放的蒸汽量的最佳灵活性。

[0016] 当蒸汽重整器在部分负载下操作时,合成气产品气与第一部分蒸汽流的质量流同正常操作比较起来降低,所述第一部分蒸汽流通过与水流的间接热交换由在热交换器中冷却热合成气产品气产生。结果,降低所产生的整个蒸汽量,所述所产生的整个蒸汽量由第一部分蒸汽流与第二部分蒸汽流组成,所述第二部分蒸汽流通过与水流的间接热交换由在热交换中冷却烟道气产生。为了在所期望的恒定的产品蒸汽量或输出蒸汽量的情况下补偿蒸汽生产的降低,到重整器炉的烟道气再循环流被提高,使得通过提高第二部分蒸汽流,获得恒定或近似恒定的产品蒸汽流。根据本发明,上述情形以如下方式实现:在烟道气的废气通路中,在完成的热交换之后并在进入废气处置部之前,部分烟道气流分支并借助于附加的输送装置被再循环至重整器炉。优选地,该部分烟道气流在合适的点被混合至燃烧空气流。结果,提高了离开重整器炉的烟道气质量流,并且因此还提高了用于烟道气通路中的蒸汽生产的热交换器中的热流。该措施提高了蒸汽生产,使得通过提高第二部分蒸汽流,获得恒定或近似恒定的产品蒸汽流。

[0017] 为了确保在重整器的部分负载操作下恒定的蒸汽生产,烟道气的再循环质量流优选地相对于合成气产品气降低的质量流以反比例方式提高。作为过渡,即使当通过中断到重整器管的碳氢化合物给料的供应来中断合成气生产时,也能通过本发明维持恒定的蒸汽生产。这样,节省用于提高烟道气通路中的蒸汽生产的对于附加的废热锅炉和 / 或附加的辅助燃烧器的投资。本发明的另一优点在于由烟道气的部分再循环引起的氧化氮排放的降低,这有助于蒸汽重整器的环境友好的操作。另外,计算已表明的是,同使用辅助燃烧器比较起来,根据本发明的重整器炉的操作的特征在于较高的能量效率以及因此较低的特定的二氧化碳排放。由于该方法根据本发明可在无烟道气的再循环的情况下以传统方式实施,所以保持蒸汽重整器的设备操作的可靠性不受影响。

[0018] 当蒸汽重整器在满负载下操作时(正常操作),合成气产品气与第一部分蒸汽流的质量流具有低于设备设计的标准值,所述第一部分蒸汽流通过与水流的间接热交换由在热交换器中冷却热合成气产品气产生。根据本发明,产品蒸汽的质量流或要释放的输出蒸汽量的正或负的变化于是可通过改变到重整器炉的烟道气再循环流实现。为了同正常操作比较提高产品蒸汽的质量流,则还提高到重整器炉的烟道气再循环流。同正常操作比较起来的产品蒸汽质量流的降低通过降低被再循环到重整器炉的烟道气质量流实现。然而,上

述措施需要的是,在重整器的正常操作下,重整器炉已用烟道气循环操作,以确保相应地能够降低被再循环至重整器炉的烟道气质量流。根据本发明,继而实现到重整器炉的烟道气再循环,使得在烟道气的废气通路中,在完成的热交换之后并在进入废气处置部之前,部分烟道气流分支并借助于附加的输送装置被再循环至重整器炉。

[0019] 本发明的有利方面

[0020] 优选地通过附加输送装置的安装使烟道气再循环流的再循环变成可能。特别优选地,烟道气再循环流的再循环借助于具有可调整的输送能力的输送装置实现。为此,可使用可控制的鼓风机或可控制的压缩机。

[0021] 根据本发明为了使再循环烟道气的质量流适应于合成气产品气降低的质量流或者为了在重整器的满负载操作下进一步提高或降低所述再循环的烟道气的质量流,尤其优选地使用具有可控制的输送能力的鼓风机。为了调整再循环烟道气的质量流,还可替代性地使用在具有固定输送能力的鼓风机的下游的控制阀,其中值得推荐的是提供绕过鼓风机的旁通,以便能够以近似恒定的入口压力操作鼓风机。

[0022] 优选地,在完成的热交换之后并且在进入废气处置部之前将附加的输送装置结合在烟道气的废气通路中。特别优选地,附加的输送装置布置在已存在的烟道气鼓风机的压力侧。

[0023] 在具有热烟道气的部分再循环的重整设备的操作中,值得推荐的是,原则上将烟道气通路中的热交换器设计用于较高的操作温度。这例如可通过为这些热交换器选择更耐高温的结构材料实现。

[0024] 在本发明的优选方面中,向燃烧空气添加再循环烟道气。这样,实现再循环烟道气与燃烧空气特别好的混合;这促进燃烧器给料的均匀燃烧。本发明另外的方面规定在预热燃烧空气之前和/或之后向燃烧空气添加烟道气再循环流。特别优选地,向分布在多个添加点上的燃烧空气添加烟道气再循环流。这样,能优化烟道气/燃烧空气流的温度控制,并且能进一步提高该方法的能量效率。

[0025] 根据本发明特别优选的实施例,再循环烟道气添加到预热的燃烧空气。这样,在热交换时冷却的烟道气在添加到燃烧器给料之前被预热,由此改善该方法的能量效率。在燃烧空气的多级预热的情况下,添加可在每个预热阶段之后实现,但同样可分布在多个预热阶段上。

[0026] 为了具体地当实施根据权利要求1的方法时提供在循环烟道气流对合成气产品流或者第一部分蒸汽流的变化相当及时并且自动的适应,根据本发明的改进提供了作用于附加的输送装置的调整,所述调整将合成气的和/或第一部分蒸汽流的质量流用作控制变量,并且所述调整将烟道气质量流的和/或第二部分蒸汽流的设定点用作基准变量。根据本发明的另一改进,借助于调整使燃烧空气质量流适应于再循环的烟道气质量流,以便即使在具有烟道气再循环的燃烧器操作中也能够用最佳的过量空气进行燃烧。

[0027] 由此,该调整还可用以通过使重整器给料中的蒸汽含量相对于碳氢化合物含量超比例地提高而在部分负载操作下自动地提高蒸汽/碳比率。该措施此外由于烟道气的再循环的原因而在同时提高的烟道气质量流的情况下实现了烟道气通路中的热交换器的冷却。结果,降低了热交换器的材料的热应力。对于烟道气通路中的热交换器的类似保护效应可通过安装可能容易互换的第一初级热交换器实现,热烟道气在离开重整器炉时流过该可能

容易互换的第一初级热交换器。通过与水流的间接热交换,该初级热交换器可用于蒸汽产生,或通过与蒸汽流的间接热交换可用于使蒸汽流过热。产生的或过热的蒸汽可被添加至第二部分蒸汽流。

[0028] 对于烟道气通路中的热交换器的另一保护措施在于将要预热的重整器给料用作热交换介质,其中在热交换器级之间用冷的重整器给料实现骤冷(级间骤冷)。

[0029] 本发明还涉及一种通过释放输出蒸汽用于碳氢化合物给料的蒸汽重整的设备。该设备的特征在于:

[0030] - 重整器炉,其具有燃烧器和多根含催化剂的重整器管,

[0031] - 用于冷却热的合成气产品气流的至少一个热交换器,其用于以形成冷却的热合成气产品气流和第一部分蒸汽流的方式通过与水流的间接热交换冷却该热的合成气产品气流,

[0032] - 用于测量合成气产品气的质量流的测量装置,

[0033] - 用于冷却热烟道气流的至少一个热交换器,其用于以形成冷却的烟道气流与第二部分蒸汽流的方式通过与水流的间接热交换冷却热烟道气流,

[0034] - 用于测量再循环烟道气的质量流的测量装置,

[0035] - 用于测量产品蒸汽质量流的测量装置,

[0036] - 输送装置,其具有可调整的输送能力,用于使烟道气再循环流再循环至重整器炉。

[0037] 在根据本发明的装置的具体构造中,使用鼓风机作为输送设备。

附图说明

[0038] 还可从以下示例性实施例的说明和附图理解本发明另外的改进、优点及可能的应用。描述和/或图示的所有特征本身或任何组合与它们包括在权利要求中或它们的反向引用无关地形成本发明。

具体实施方式

[0039] 唯一的附图示意性地示出了根据优选实施例的根据本发明的方法。重整器炉 1 包含被填充催化剂的多根重整器管 2。通常,重整器管的数量为几百;在附图中,为了清楚,仅示出了四根重整器管。所使用的催化剂是市场上可买到的镍基重整催化剂。经由管道 3、4、5、6 和 7,用作为重整器给料的预热碳氢化合物天然气装填重整器管。重整器给料的入口温度为 500℃。在重整器给料进入重整器之前,使蒸汽与重整器给料(附图中未示出)混合,使得存在限定的 3mol/mol 的蒸汽/碳比率。在重整器管中的给料的转化之后,包含氢、CO 和未转变的天然气组分的气态重整器产品经由管道 8 和收集管道 9 退出并在热交换器 10 中冷却,其中冷却的重整器产品经由管道 11 获得并退出。通过与经由管道 12 供应的水流的间接热交换实现冷却,从中通过热交换器 10 中的蒸发获得第一部分蒸汽流 13。

[0040] 重整器管借助于多个燃烧器 14 点燃,该多个燃烧器 14 安装在重整器炉的上表面上并直接点燃重整器管之间的空间。为了清楚,在附图中仅示出了五个燃烧器。在本示例中,燃烧器 14 用天然气作为燃料操作,所述天然气经由管道 15、16 和分配管道 17 被供应至燃烧器。燃烧空气经由管道 18、19、20 和 21 供应并被混合至管道 16 中的燃料。为了输送

燃烧空气,使用鼓风机 22。

[0041] 在重整器炉 1 中,到重整炉管的传热通过热烟道气的热辐射和对流热传输实现。在完成的热传输之后,烟道气进入重整器炉 1 的废热部 23。烟道气被输送通过重整器炉的废热部在鼓风机 24 的吸入通风中实现。在重整器炉的废热部中,烟道气的进一步冷却通过烟道气通路中的多个热交换器实现,其中烟道气的焓用于产生第二部分蒸汽流和用于重整器给料与燃烧空气的多级预热。相对于蒸汽产生,在附图中作为示例示出了热交换器 25,在所述热交换器 25 中,热烟道气与经由管道 26 供应的水流的间接热交换被冷却,其中产生蒸汽流,该蒸汽流作为第二部分蒸汽流经由管道 27 退出。替代性地,烟道气在热交换器 25 中的冷却可与蒸汽流作用实现,其中过热蒸汽然后经由管道 27 退出。在重整器炉的废热部 23 中,设置有另外的热交换器,图中为清楚起见未示出所述另外的热交换器,借助于所述另外的热交换器,还产生了向第二部分蒸汽流添加的蒸汽。在重整器炉的废热部中产生的蒸汽流的总和形成第二部分蒸汽流。

[0042] 在经过用于预热重整器给料与燃烧空气的热交换器 28 至 31 之后,冷却的烟道气经由管道 32 离开重整器炉的废热部,并借助于鼓风机 24 经由管道 33 被供应至烟道气处置部 34。经由管道 33 排出的烟道气的温度仍然为 100℃至 250℃。烟道气部分流借助于鼓风机 36 从管道 33 经由管道 35 退出,并经由管道 37 被供应至管道 19 中的燃烧空气流。替代性地,烟道气部分流还可被添加到管道 20 或 21 中的预热的燃烧空气。向管道 19、20 或 21 中的若干管道的分布式添加也是可能的,由此进一步改进了该方法并且提高了燃烧空气与再循环烟道气的气体混合物的温度控制的能量效率。再循环烟道气的质量流是重整器设备的满负载操作状态下的最大烟道气流的 0 至 60% 之间。

[0043] 根据本发明的改进,冷重整器给料的一部分经由管道 38 退出,并作为骤冷剂被添加至在热交换器 29 中预热并经由管道 5 供应的重整器给料。这样,降低了以高的烟道气温度操作的下游热交换器 28 的热负载。

[0044] 数值示例

[0045] 为了图示根据本发明的方法的优点,在下面的表格中给出了数值示例,在所述表格中,将具有不同负载状态和烟道气再循环比的重整设备的重要的操作参数相互比较。比较示例演示了在没有烟道气再循环的情况下具有标称的氢生产的重整器的满负载操作。示例 1 示出根据本发明在具有烟道气的部分再循环的重整器的满负载操作下的状态,示例 2 记载了根据本发明具有烟道气的部分再循环的重整器的部分负载操作。如参考在表格中所指示的重整器设备或重整器炉的操作数据能清楚地看到地,输出蒸汽流在重整器的满负载操作下(示例 1)通过使烟道气的 10% 再循环可提高 39%。替代性地,在重整器的部分负载操作中,同通过使烟道气的 12% 再循环的满负载操作比较起来,输出蒸汽流可实质上保持恒定或者甚至稍微提高。

[0046] 表:具有不同的负载状态和烟道气再循环比的重整器操作。

[0047] 比较示例:没有烟道气再循环情况下的满负载(标称的氢生产),

[0048] 示例 1:具有烟道气的部分再循环情况下的满负载,

[0049] 示例 2:具有烟道气的部分再循环情况下的部分负载。

[0050]

量	单位	比较示例 (没有再循环的 满负载重整器)	示例 1 (满负载重 整器)	示例 2 (部分负载重 整器)
重整器给料	-	天然气	天然气	天然气
燃料	-	天然气	天然气	天然气
热效率	-	1.17	1.15	1.16
重整器入口温度	℃	500	500	500
重整器出口温度	℃	870	870	870
蒸汽/碳比率	mol/mol	3.0	3.0	3.0
空气过量燃烧	%	10	10	10
在重整器炉的废热部之 前的烟道气温度	℃	1033	1069	1015
蒸汽产生器的烟道气入 口温度	℃	780	850	795
在鼓风机 24 之前的烟道 气温度	℃	138	144	151
烟道气流	kmol/h	7010	8836	7199
再循环的烟道气流	kmol/h	0	884	884
烟道气再循环比率	%	0	10	12
氢产品流	Nm ³ /h	60000	60000	50000
输出蒸汽流	Kg/h	62900	87300	64600

[0051] 工业实用性

[0052] 由此,本发明提供了一种用于碳氢化合物给料的蒸汽重整的改善的方法,所述方法的特征在于其相对于输出蒸汽的产生的高的灵活性,并且所述方法允许即使在蒸汽重整器的部分负载操作下也提供近似恒定的产品蒸汽流,所述近似恒定的产品蒸汽流可作为输出蒸汽被全部地或部分地释放至外部负载。替代性地,在重整器的满负载操作下可通过本发明降低或进一步提高要释放的输出蒸汽量。另外,烟道气到重整器炉中的燃烧器的再循环导致氧化氮排放的降低,并因而形成设备对环境更友好的操作。

[0053] 附图标记清单

[0054] 1 重整器炉

[0055] 2 重整器管

[0056] 3-9 管道

[0057]	10	热交换器
[0058]	11-13	管道
[0059]	14	燃烧器
[0060]	15-21	管道
[0061]	22	鼓风机
[0062]	23	重整器炉的废热部
[0063]	24	鼓风机
[0064]	25	热交换器
[0065]	26-27	管道
[0066]	28-31	热交换器
[0067]	32-33	管道
[0068]	34	烟道气处置部（烟囱）
[0069]	35	管道
[0070]	36	鼓风机
[0071]	37-38	管道

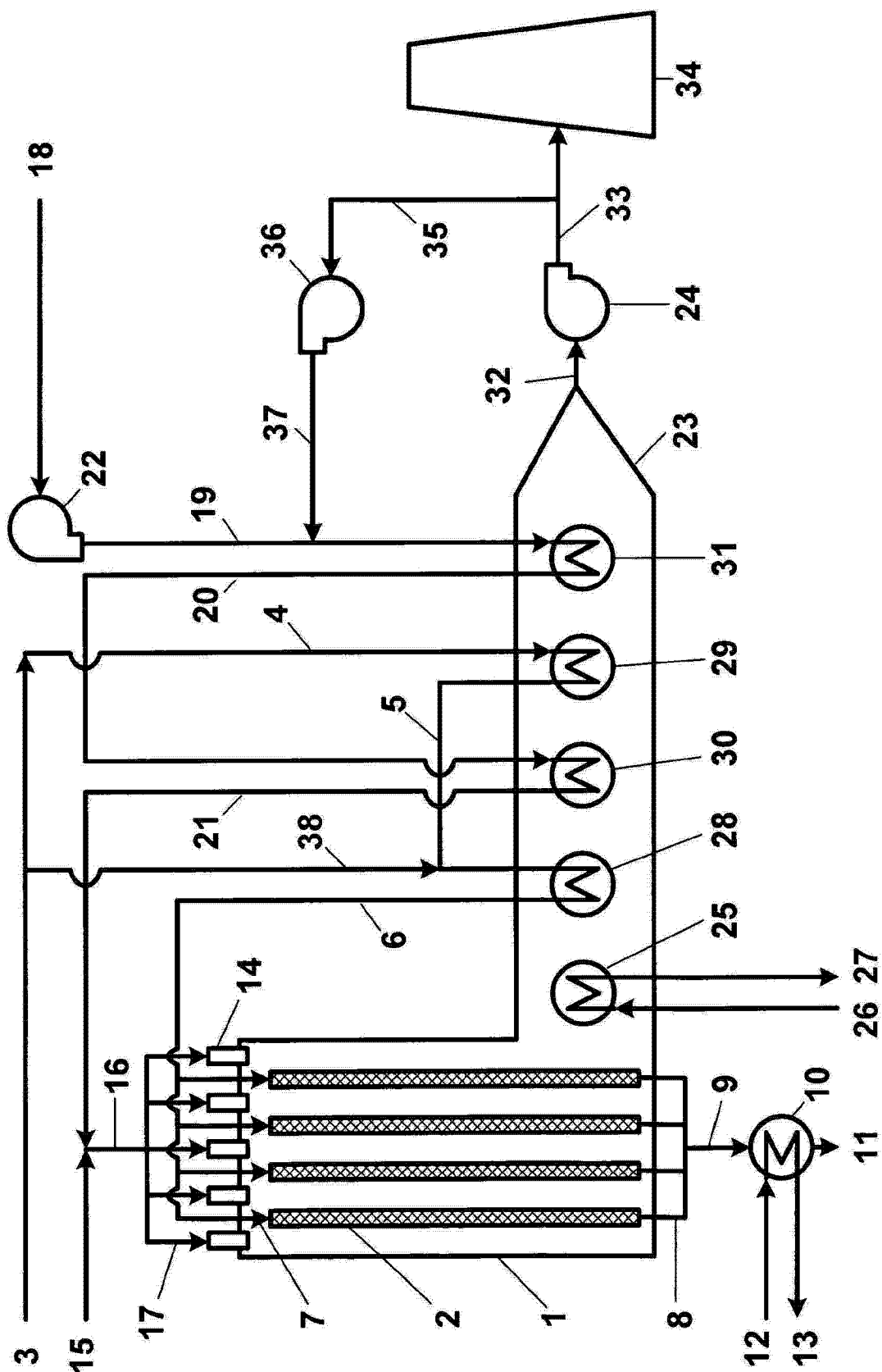


图 1