



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107144158 B

(45) 授权公告日 2024. 02. 27

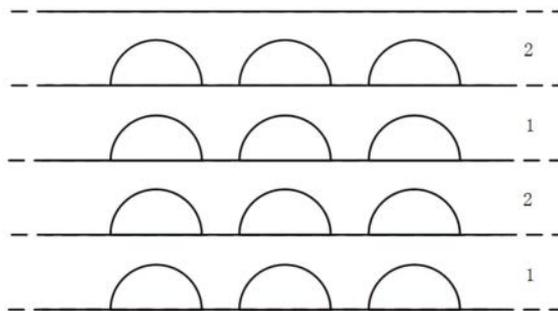
(21) 申请号 201710454446.5	F28F 13/02 (2006.01)
(22) 申请日 2017.06.14	(56) 对比文件
(65) 同一申请的已公布的文献号 申请公布号 CN 107144158 A	CN 206832097 U, 2018.01.02 CN 202793140 U, 2013.03.13 CN 205027181 U, 2016.02.10 DE 102014102954 A1, 2014.09.18 CN 1690636 A, 2005.11.02 CN 106839832 A, 2017.06.13 US 2016053638 A1, 2016.02.25
(43) 申请公布日 2017.09.08	审查员 李冰倩
(73) 专利权人 西安热工研究院有限公司 地址 710032 陕西省西安市碑林区兴庆路 136号	
(72) 发明人 张一帆 李红智 杨玉 张磊 姚明宇 王月明	
(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任 公司 61200 专利代理师 徐文权	
(51) Int. Cl. F28D 9/00 (2006.01)	权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

一种超临界二氧化碳和水换热的紧凑式换热器

(57) 摘要

本发明公开了一种超临界二氧化碳和水换热的紧凑式换热器,包括基板及位于基板上的若干热侧平板及若干冷侧平板,其中,各冷侧平板及各热侧平板自上到下依次交错分布,其中,热侧平板的底面上开设有若干热侧通道,冷侧平板的底面上开设有若干冷侧通道,其中,所有冷侧通道横截面的面积之和为所有热侧通道横截面的面积之和的1/3,该换热器能够有效的解决超临界二氧化碳布雷顿循环预冷器中冷热侧流体物性极大差异带来的流量匹配问题,并且能够保证换热系数的情况下减小循环冷却水的流量。



1. 一种超临界二氧化碳和水换热的紧凑式换热器,其特征在于,包括基板以及位于基板上的若干热侧平板(1)及若干冷侧平板(2),其中,各冷侧平板(2)及各热侧平板(1)自上到下依次交错分布,其中,热侧平板(1)的底面上开设有若干热侧通道(4),冷侧平板(2)的底面上开设有若干冷侧通道,其中,所有冷侧通道横截面的面积之和为所有热侧通道(4)横截面的面积之和的1/3;

各冷侧通道均呈折线型且等间距分布,各冷侧通道均包括依次相连通的冷侧入口(6)、冷侧入口引流段(7)、低温逆流段冷侧通道(8)、第一叉流段冷侧通道(9)、顺流段冷侧通道(10)、第二叉流段冷侧通道(11)、冷侧出口汇集段(5)及热侧出口(3);

冷侧入口引流段(7)及第二叉流段冷侧通道(11)位于冷侧平板(2)位于前侧,第一叉流段冷侧通道(9)及冷侧出口汇集段(5)位于冷侧平板(2)的后侧,低温逆流段冷侧通道(8)、顺流段冷侧通道(10)及高温逆流段冷侧通道(12)均呈直线型分布;

各热侧通道(4)从左到右依次平行分布,且每个热侧通道(4)均为直线型结构;

各热侧通道(4)的横截面及各冷侧通道的横截面均为半圆形结构;

热侧通道(4)的数量为低温逆流段冷侧通道(8)的数量、顺流段冷侧通道(10)的数量及高温逆流段冷侧通道(12)的数量之和。

## 一种超临界二氧化碳和水换热的紧凑式换热器

### 技术领域

[0001] 本发明属于换热技术领域,涉及一种超临界二氧化碳和水换热的紧凑式换热器。

### 背景技术

[0002] 超临界二氧化碳布雷顿循环是目前公认的最具潜力的先进动力循环之一。由于超临界二氧化碳具有能量密度大、传热效率高等特点,超临界二氧化碳布雷顿循环高效发电系统可以在620℃温度范围内达到常规蒸汽朗肯循环700℃的效率,不需要再开发新型的高温合金,且设备尺寸小于同参数的蒸汽机组,应用前景非常好。

[0003] 目前,在超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统中,印刷电路板换热器被普遍认为是最适用的换热器。印刷电路板换热器是一种新型高效的紧凑式换热器,是将交替布置的冷、热侧平板通过扩散焊的方式焊接在一起的换热器,其冷、热侧换热平板上的流道均为通过化学蚀刻方法得到的细小通道。在相同换热量的条件下,印刷电路板换热器的尺寸只有传统管壳式换热器尺寸的1/5-1/10。因此,印刷电路板换热器可以很好的用作超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统的回热器和预冷器。

[0004] 在超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统的预冷器中,热侧的超临界二氧化碳工作在拟临界温度点附近(即超临界流体的大比热区),而冷侧的水则处于过冷区,热侧工质和冷侧工质的定压比热容差异非常大。若仍采用传统的逆流结构或者顺流结构的印刷电路板换热器作为预冷器,则会出现冷侧通流面积偏大的现象,使得循环冷却水可能工作于层流区,导致换热系数偏低。因此,必须充分考虑超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统预冷器中的超临界二氧化碳和冷却水在工作条件下的物性特点,合理的设计换热器的流道,避免该问题的出现。

[0005] 然而经调研,目前国内外均鲜有公开成果和专利介绍涉及用于超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统中超临界二氧化碳和水换热的印刷电路板预冷器。而印刷电路板换热器作为预冷器时,若设计不当,则会出现所需的循环冷却水量过大或者预冷器换热系数偏低等情况。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的在于克服上述现有技术的缺点,提供了一种超临界二氧化碳和水换热的紧凑式换热器,该换热器能够有效的解决超临界二氧化碳布雷顿循环预冷器中冷热侧流体物性极大差异带来的流量匹配问题,并且能够保证换热系数的情况下减小循环冷却水的流量。

[0007] 为达到上述目的,本发明所述的超临界二氧化碳和水换热的紧凑式换热器包括基板及位于基板上的若干热侧平板及若干冷侧平板,其中,各冷侧平板及各热侧平板自上到下依次交错分布,其中,热侧平板的底面上开设有若干热侧通道,冷侧平板的底面上开设有若干冷侧通道,其中,所有冷侧通道横截面的面积之和为所有热侧通道横截面的面积之和的1/3。

[0008] 各热侧通道从左到右依次平行分布,且每个热侧通道均为直线型结构。

[0009] 各冷侧通道均呈折线型且等间距分布,各冷侧通道均包括依次相连通的冷侧入口、冷侧入口引流段、低温逆流段冷侧通道、第一叉流段冷侧通道、顺流段冷侧通道、第二叉流段冷侧通道、冷侧出口汇集段及热侧出口。

[0010] 冷侧入口引流段及第二叉流段冷侧通道位于冷侧平板位于前侧,第一叉流段冷侧通道及冷侧出口汇集段位于冷侧平板的后侧,低温逆流段冷侧通道、顺流段冷侧通道及高温逆流段冷侧通道均呈直线型分布。

[0011] 各热侧通道的横截面及各冷侧通道的横截面均为半圆形结构。

[0012] 热侧通道的数量为低温逆流段冷侧通道的数量、顺流段冷侧通道的数量及高温逆流段冷侧通道的数量之和。

[0013] 本发明具有以下有益效果:

[0014] 本发明所述的超临界二氧化碳和水换热的紧凑式换热器采用印制电路板换热器的结构形式,即包括基板以及依次交错设置于所述基板上的若干热侧平板及若干冷侧平板,同时为避免传统逆流结构或者顺流结构的印刷电路板换热器出现的冷侧流通面积偏大、换热系数偏低的问题,本发明中各冷侧通道横截面的面积之和为各热侧通道横截面的面积之和的 $1/3$ ,从而有效的避免循环冷却水工作于层流区,保证换热器足够的对流换热系数,同时冷却水的沿程阻力增加较少,并且换热器的体积较小,循环冷却水的用量较少,从而有效的解决超临界二氧化碳布雷顿循环预冷器中冷热侧流体物性极大差异带来的流量匹配问题。

## 附图说明

[0015] 图1为本发明的截面图;

[0016] 图2为本发明中热侧平板1的俯视图;

[0017] 图3为本发明中冷侧平板2的俯视图。

[0018] 其中,1为热侧平板、2为冷侧平板、3为热侧入口、4为热侧通道、5为冷侧出口汇集段、6为冷侧出口、7为冷侧入口引流段、8为低温逆流段冷侧通道、9为第一叉流段冷侧通道、10为顺流段冷侧通道、11为第二叉流段冷侧通道、12为高温逆流段冷侧通道。

## 具体实施方式

[0019] 下面结合附图对本发明做进一步详细描述:

[0020] 参考图1,本发明所述的超临界二氧化碳和水换热的紧凑式换热器包括基板及位于基板上的若干热侧平板1及若干冷侧平板2,其中,各冷侧平板2及各热侧平板1自上到下依次交错分布,其中,热侧平板1的底面上开设有若干热侧通道4,冷侧平板2的底面上开设有若干冷侧通道,其中,所有冷侧通道横截面的面积之和为所有热侧通道4横截面的面积之和的 $1/3$ 。

[0021] 各热侧通道4从左到右依次平行分布,且每个热侧通道4均为直线型结构。

[0022] 各冷侧通道均呈折线型且等间距分布,各冷侧通道均包括依次相连通的冷侧入口6、冷侧入口引流段7、低温逆流段冷侧通道8、第一叉流段冷侧通道9、顺流段冷侧通道10、第二叉流段冷侧通道11、冷侧出口汇集段5及热侧出口3;冷侧入口引流段7及第二叉流段冷侧

通道11位于冷侧平板2位于前侧,第一叉流段冷侧通道9及冷侧出口汇集段5位于冷侧平板2的后侧,低温逆流段冷侧通道8、顺流段冷侧通道10及高温逆流段冷侧通道12均呈直线型分布。

[0023] 各热侧通道4的横截面及各冷侧通道的横截面均为半圆形结构;热侧通道4的数量为低温逆流段冷侧通道8的数量、顺流段冷侧通道10的数量及高温逆流段冷侧通道12的数量之和。

[0024] 参见图1,相邻热侧平板1与冷侧平板2之间通过扩散焊的工艺进行焊接;热侧平板1上的热侧通道4和冷侧平板2上的冷侧通道均通过化学蚀刻方法得到;热侧通道4及冷侧通道的通道节距等于通道直径的1.2-1.4倍,热侧平板1与冷侧平板2的厚度均为通道半径的1.3-1.5倍。

[0025] 本发明的具体工作过程如下所示:

[0026] 热侧平板1上的各热侧通道4左到右依次平行分布,超临界二氧化碳由各热侧通道4的热侧入口进入各热侧通道4中,再将热量传递给冷侧工质,然后再将各热侧通道4的热侧出口流出。

[0027] 冷侧通道的数量为热侧通道4数量的1/3,循环冷却水依次流经冷侧入口6、冷侧入口引流段7、低温逆流段冷侧通道8、第一叉流段冷侧通道9、顺流段冷侧通道10,第二叉流段冷侧通道11、高温逆流段冷侧通道12及冷侧出口汇集段5,并最后经冷侧通道的热侧出口3流出,并在流通过程中与超临界二氧化碳进行换热升温。

[0028] 本发明的设计原理如下:

[0029] 由于超临界二氧化碳布雷顿循环中预冷器的工作特性,采用传统逆流结构或者顺流结构的印刷电路板换热器作为预冷器,则会出现冷侧通流面积偏大的现象,使得循环冷却水可能工作于层流区,导致换热系数偏低。针对该问题,本发明通过对循环冷却水和临界温度点附近超临界二氧化碳的物性和换热能力进行计算及评估,发现当冷侧通道的横截面面积为热侧通道4的横截面的面积的1/3时,可以有效的避免循环冷却水工作于层流区,保证循环冷却水足够的对流换热系数,并且不会增加大多的沿程阻力。

[0030] 以上所述的具体实施方式,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施方式而已,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

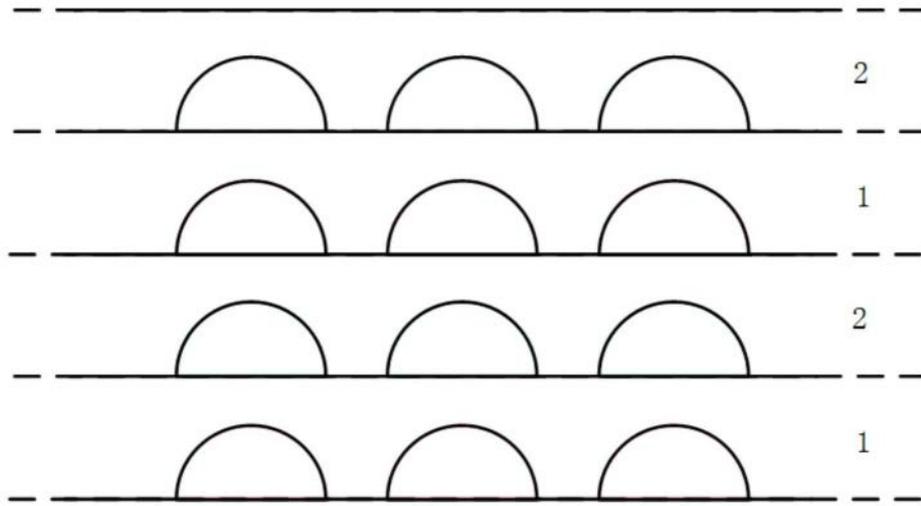


图1

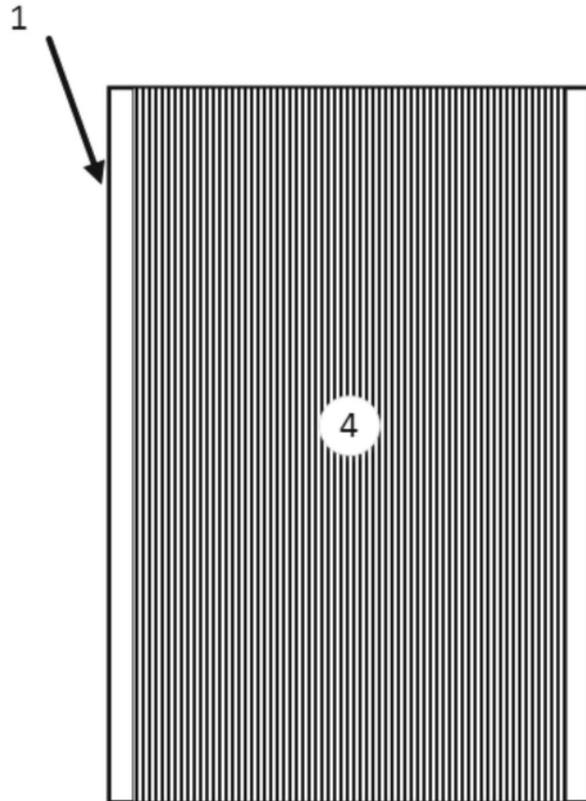


图2

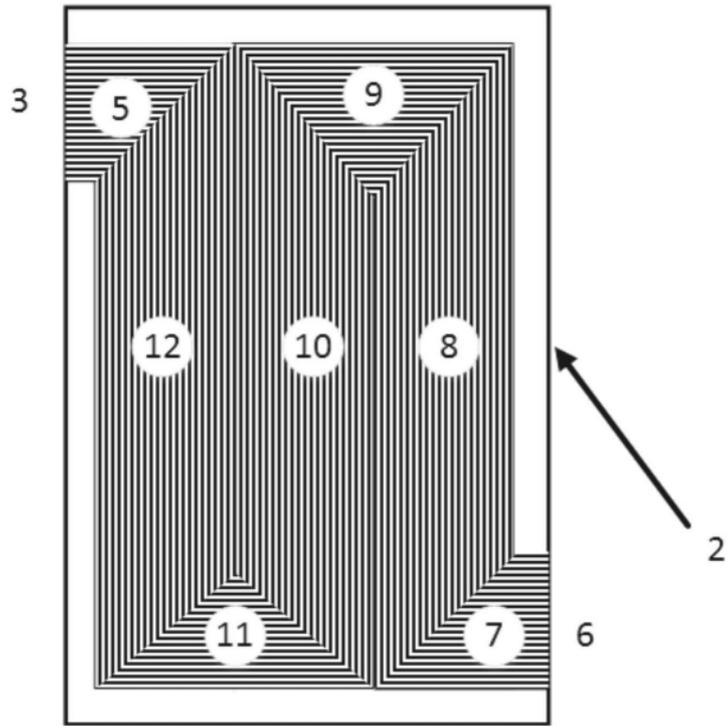


图3