

(19)



(11)

EP 4 273 447 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

04.09.2024 Patentblatt 2024/36

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

F22B 1/06^(2006.01) F22B 1/18^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

F22B 1/06; F22B 1/1884

(21) Anmeldenummer: **22172048.5**

(22) Anmeldetag: **06.05.2022**

(54) **DAMPFERZEUGER**

STEAM GENERATOR

GÉNÉRATEUR DE VAPEUR

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

08.11.2023 Patentblatt 2023/45

(73) Patentinhaber: **RD Estate GmbH & Co. KG**

94469 Deggendorf (DE)

(72) Erfinder: **Duschl, Robert**

94469 Deggendorf (DE)

(74) Vertreter: **Hoffmann Eitle**

Patent- und Rechtsanwälte PartmbB

Arabellastraße 30

81925 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A1- 2 667 135

US-A- 5 307 802

US-A1- 2008 023 175

EP 4 273 447 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Dampferzeuger zur Erzeugung von Dampf zur Energiegewinnung beispielsweise mittels eines Dampfmotors oder einer Dampfturbine. Dafür ist der Dampferzeuger zum Beispiel an eine Biomassefeuerung, Biogasanlage oder einen Pelletsheizer koppelbar.

HINTERGRUND

[0002] Zum Erzeugen von Wasserdampf werden im Allgemeinen Dampferzeuger verwendet. Diese Dampferzeuger weisen meist eine Brennkammer (die Feuerung), in der Brennmaterial erhitzt bzw. verbrannt wird, um Wärme zu erzeugen, auf. Alternativ kann auch das noch heiße Abgas einer Biogasanlage genutzt werden, um die erforderliche Wärme bereitzustellen. Diese Wärme in Form eines Wärmetransfermediums wird zum Beispiel an einem Wärmetauscher vorbeigeführt, um so in dem Wärmetauscher strömendes Wasser zu verdampfen. Der dadurch erzeugte Wasserdampf kann dann zur Energiegewinnung genutzt werden, zum Beispiel in einem Dampfmotor.

[0003] Zur effizienten Dampf- und Energieerzeugung sind hohe Drücke und damit verbunden auch hohe Temperaturen erforderlich. Dies führt zur thermischen Ausdehnung des Wärmetauschers und zu Spannungen im Material des Wärmetauschers.

[0004] Im Stand der Technik geht beispielsweise aus der DE 10 2010 046 804 A1 ein Rohrbündel-Wärmetauscher mit einer Vielzahl von Rohrwicklungen, die von einem gemeinsamen Auslassraum für ein Wärmetauschmedium ausgehen und in einen gemeinsamen Auslassraum münden, wobei jede Rohrwicklung eine alternierende Abfolge von Rohrstücken und Rohrbögen umfasst und wobei die Rohrbögen als Umlenkung um 180° bezüglich einer zugeordneten Bogenachse ausgebildet sind und gleiche Biegeradien aufweisen, hervor. Dieser Rohrbündel-Wärmetauscher ist dadurch gekennzeichnet, dass entlang jeder Rohrwicklung die Bogenachsen von Rohrbögen, die an dasselbe Rohrstück angeschlossen sind, in Winkelstellung zueinander stehen und die Bogenachsen von Rohrbögen zwischen denen in unmittelbarer Abfolge ein Rohrstück, ein Rohrbogen und ein weiteres Rohrstück angeordnet sind, parallel verlaufen.

[0005] Dokument US5307802 A offenbart einen Dampferzeuger aus dem Stand der Technik.

[0006] Jedoch hängt die Effizienz hierbei stark vom Abstand des Rohrbündel-Wärmetauschers zum Gehäuse und stark von der Strömungsart des Wärmetauschfluids in den Rohrbündeln zu der durch Brennmaterial erzeugten Wärmeenergie ab. Das heißt, dass Wandverluste, die durch ein Vorbeiströmen zwischen dem Rohrbündel-Wärmetauscher und einem umgebenden Gehäuse er-

zeugt werden, ohne dass der Wärmetauscher durchströmt wird, in einer solchen Ausgestaltung nicht verhindert werden können. Somit ist die Wärmetauscheffizienz nicht optimal.

[0007] Des Weiteren ist es gemäß einer solchen Ausgestaltung nicht möglich, Spannungen in den Rohrbündeln durch eine thermische Ausdehnung, die durch die hohen Temperaturen des Wärmetauschfluids erzeugt wird, auszugleichen.

[0008] Auch die DE 20 2007 017 403 U1 offenbart einen Rohrbündel-Wärmetauscher, insbesondere für den Wärmeaustausch von Heizgas auf Heizungswasser oder Trinkwasser, wobei der Rohrbündel-Wärmetauscher einen von einem Heizungswasserstrom oder Trinkwasserstrom durchströmbareren Wasserraum und einen von einem Heizgasstrom durchströmbareren Heizgasraum aufweist. Hierbei sind die das Heizgas bildenden Heizgasrohre parallel oder seriell durchströmbar.

[0009] Hierbei treten die oben beschriebenen Probleme ebenfalls auf und außerdem ist die Effizienz des Wärmeaustauschs niedrig, da dieser im Gleichstrom betrieben wird.

[0010] Darüber hinaus ist es bei der Dampferzeugung mit Biomasse in bisher bekannten Dampferzeugern besonders kritisch, einen undefinierten und gegebenenfalls schwankenden Energiegehalt der Brennmasse (im Gegensatz zu, beispielsweise, Kohle) und damit die schwankenden Dampfparameter bei der Dampferzeugung auszugleichen. Kann der schwankende Energiegehalt nicht ausreichend ausgeglichen werden, kommt es zu einer Schwankung der Dampftemperatur, was - beispielsweise bei der Verwendung von Dampfturbinen - zur Beeinträchtigung oder gar Beschädigung dieser Dampfturbinen führen kann.

[0011] Bisher bekannte Ausgestaltungen verwenden aufgrund dessen einen zusätzlichen Dampfspeicherkessel, um so geringe Druckverluste zu realisieren und der Schwankung entgegenzuwirken.

[0012] Eine solche Ausgestaltung ist jedoch bei Hochdrücken zum Beispiel über 250 bar, nicht mehr anwendbar, da ein hohes Risiko der Zerstörung, zum Beispiel in Form einer Explosion, gegeben ist.

[0013] Somit besteht bisheriger Bedarf an einer Lösung für einen Dampferzeuger beim Einsatz mit Biomasse und Hochdrücken, welcher nicht nur Hochdruck-resistent, sondern auch einfach und kostengünstig realisierbar ist.

[0014] Losgelöst davon ist bisher die Eigenschaft eines Salzbadens als Energiespeicher über einen längeren Zeitraum nur in fremden technischen Gebieten bekannt.

[0015] So offenbart zum Beispiel US 2012/067551 A1 eine Anordnung, mit welcher in einem Solarpark mit Solarpanelen Sonnenenergie, welche durch Parabolspiegel gesammelt wird, in einem solchen Salzbad gespeichert werden kann. Zu einem späteren Zeitpunkt, zum Beispiel in der Nacht, kann dann die im Salzbad gespeicherte Energie verwendet werden, um Strom in sonnen-einstrahlungslosen Phasen zu erzeugen, um somit eine

konstante Stromerzeugung sicherzustellen.

[0016] Selbst wenn man Salzbadter als ein zwischengeschaltetes Wärmetransfermedium in einem (Hochdruck-)Dampferzeuger verwenden würde, kann es zu Stabilitätsproblemen in der Wärmeübertragung kommen.

[0017] Diese sind vor allem auf lokale Hotspots im Salzbad, zum Beispiel an Ecken oder bei Strömungsabrissen, zurückzuführen.

[0018] Dies ist besonders nachteilig, da dadurch ein dauerhaftes Glühen von Metallkomponenten eines solchen Dampferzeugers aufgrund einer Überhitzung sowie eine Zersetzung des Salzes hervorgerufen werden kann.

[0019] Ein solches zersetztes Salz kann das Metall des verbleibenden Dampferzeugers angreifen und zu Leckagen führen.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0020] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine effiziente Vorrichtung zur Dampferzeugung (einen Dampferzeuger) vorzusehen, bei der mit einer einfachen Ausgestaltung und sogar bei schwankendem Energiegehalt der Brennmasse, ein zuverlässiger Betrieb gewährleistet und ein hoher Wirkungskraft erzielt werden kann, sowie die obigen Nachteile vermindert oder sogar verhindert werden können.

[0021] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Bevorzugte Ausgestaltungen finden sich in den weiteren Ansprüchen der folgenden Beschreibung und den Zeichnungen.

[0022] Gemäß einem Aspekt weist der Dampferzeuger ein Gehäuse sowie ein Strömungskanal, der von einem Einlass des Strömungskanals zu einem Auslass des Strömungskanals von einem Wärmetauschfluid durchströmbar ist, auf.

[0023] Mindestens ein Abschnitt des Strömungskanals ist in dem Gehäuse angeordnet. Dieser kann als erstes Wärmetauschelement in dem Gehäuse angeordnet sein. Mit anderen Worten, der Strömungskanal ist also als erstes Wärmetauschelement von einem Einlass des Gehäuses zu einem Auslass des Gehäuses in einer ersten Strömungsrichtung durchströmbar.

[0024] Der Dampferzeuger weist ferner ein in dem Gehäuse angeordnetes zweite Wärmetauschelement auf. Dieses ist zur Dampferzeugung von Wasser durchströmbar.

[0025] Darüber hinaus ist ein Wärmetransfermedium in dem Gehäuse angeordnet.

[0026] Mit anderen Worten, das Gehäuse ist mit einem Wärmetransfermedium befüllt. Das Wärmetransfermedium ist vorgesehen, um Wärme von einem durch den Strömungskanal strömenden Wärmetauschfluid auf das durch das zweite Wärmetauschelement strömende Wasser zu übertragen. Somit kann Dampf erzeugt werden.

[0027] Bei dem Wärmetransfermedium handelt es sich um ein Salzbad.

[0028] Des Weiteren ist der Querschnitt des Strömungskanals an dem Einlass des Strömungskanals größer als an dem Auslass des Strömungskanals.

[0029] Der "Querschnitt des Strömungskanals" ist hierbei als Innenmaß des Strömungskanals zu verstehen. Ist der Strömungskanal als zylindrisches Rohr ausgestaltet, ist somit der "Querschnitt des Strömungskanals" entsprechend als Innendurchmesser des Rohrs zu verstehen. Mit anderen Worten, der "Querschnitt des Strömungskanals" ist als effektiver Strömungsquerschnitt des Strömungskanals zu verstehen.

[0030] Bei dem Wärmetauschfluid kann es sich um Rauchgas handeln. Darüber hinaus kann das Wärmetauschfluid, eine aus einer Biomassefeuerung, Biogasanlage oder einer Pelletsheizung stammenden Abwärme sein, welche durch den Strömungskanal bzw. das erste Wärmetauschelement und damit durch den Dampferzeuger strömen kann.

[0031] Ein solcher Dampferzeuger ist in der Lage aufgrund des Wärmetransfermediums möglichst homogen Wärme auszutauschen, während lokale Überhitzungen verhindert werden können.

[0032] In der vorliegenden Wärmetauschanordnung des Dampferzeugers können Drücke zwischen 50 und 800 bar, bevorzugt 30 bis 500 bar, besonders bevorzugt 30 bis 180 bar, aber auch geringere Drücke zwischen 4 und 10 bar Dampfdruck erzeugt werden.

[0033] Das heißt, eine solche Anordnung ist aufgrund des wärmeübertragenden Salzbadter besonders flexibel einsetzbar und es können sowohl niedrige Drücke im Bereich von beispielsweise sieben bar für die Lebensmittelproduktion, als auch Hochdruck-Dampfströme im Bereich von 500 bis 800 bar erzeugt werden, ohne dass dabei der schwankende Energiegehalt der Biomasse kritisch für die Vorrichtung selbst wäre.

[0034] Auch eine komplexe Anordnung mit einem zusätzlichen Dammspeicherkessel, um geringe Druckverluste zu realisieren, ist in einer solchen Ausgestaltung unnötig. Somit kann nicht nur eine besonders flexible, sondern auch kostengünstige Vorrichtung zur Dampferzeugung realisiert werden.

[0035] Zudem ist eine Zerstörung oder Explosion zuverlässig vermeidbar, da im Ruhezustand das Salz kristallin ist und durch die Erwärmung mit bzw. über das erste Wärmetauschelement, das von dem Wärmetauschfluid durchströmbar ist, verflüssigt, sodass die Salzschnmelze durch das Wärmetauschfluid erwärmt wird und sich somit das Salz verflüssigt und Energie aufnimmt.

[0036] Das heißt, das Salzbad agiert als flüssiges Salz, beispielsweise als Nitratschnmelze, und verbessert somit die Wärmeübertragung vom Wärmetauschfluid zum Wasser.

[0037] Gleichzeitig kann durch die Veränderung des Querschnitts zwischen Einlass und Auslass des Strömungskanals, der Energieeintrag in das Salz zu Beginn möglichst groß ausgelegt werden. Dadurch können lokale Überhitzungen bzw. Zersetzungen des Salzes verhindert werden.

[0038] Gemäß einer solchen Ausgestaltung, kann also

nicht nur ein besonders flexibles System realisiert werden, welches bei verschiedensten Drücken bis zu 800 bar Dampfdruck erzeugen kann, sondern auch ein besonders betriebssicherer und langlebiger Dampferzeuger erreicht werden.

[0039] Auch die Betriebssicherheit eines solchen Dampferzeugers kann aufgrund eines größeren Querschnitts am Einlass des Strömungskanals im Vergleich zum Auslass des Strömungskanals weiter verbessert werden, da die anfänglichen Strömungsgeschwindigkeiten, zum Beispiel von Rauchgas als Wärmetransferfluid, herabgesetzt werden können.

[0040] Somit herrschen beim Eintritt in den Strömungskanal geringere Strömungsgeschwindigkeiten aufgrund des größeren Querschnitts im Strömungskanal. Dies wiederum ermöglicht, dass eine Überhitzung des Salzes und eine potenzielle Zersetzung des Salzbad verhindert werden kann.

[0041] Das Wärmetauschfluid kann, wie eingangs erwähnt, zum Beispiel ein Verbrennungsgas aus der Verbrennung eines Brennstoffes, beispielsweise in Form von ungetrockneter, minderwertiger Biomasse, in einer Brennkammer einer bereits bekannten Vorschubrostfeuerung oder das Abgas einer Biogasanlage sein. Dadurch kann Strom aus Reststoffen erzeugt werden. Abhängig vom Wärmetauschfluid können verschiedene Temperaturbereiche im Dampferzeuger auftreten.

[0042] Abhängig vom Wärmetauschfluid können verschiedene Temperaturbereiche im Dampferzeuger auftreten. Wird im Dampferzeuger das Wärmetauschfluid, auch als Heizfluid benennbar, durch Pelletverbrennung erzeugt, hat dies üblicherweise zwischen 600°C und 1000°C, bevorzugt 900°C.

[0043] Losgelöst davon ermöglichen die homogenen Wärmeübertragungseigenschaften des Salzbad, dass auch Rauchgastemperaturen von über 1000°C, insbesondere 1300°C und mehr "gefahren" werden können, ohne dabei die Sicherheit des Dampferzeugers zu gefährden. Ferner ermöglicht die beanspruchte Ausgestaltung, dass selbst bei stark schwankenden Rauchgastemperaturspitzen ein homogener Wärmeübergang bzw. Wärmeeintrag in das Wasser zur Dampferzeugung erzielt werden kann.

[0044] Wird Abgas einer Biogasanlage als Wärmetauschfluid verwendet, treten im Dampferzeuger üblicherweise Temperaturen von 450°C bis 500°C, bevorzugt 470°C auf. Zudem können Salze verwendet werden, die bereits ab 130°C - 150°C von einem kristallinen in einen flüssigen Aggregatzustand, das heißt einem Betriebszustand übergehen.

[0045] Hierbei gestaltet sich die Flexibilität des Dampferzeugers als besonders vorteilhaft und die Erzeugung des gewünschten Dampfdrucks als besonders einfach steuerbar.

[0046] Durch die hohen Energiespeicherfähigkeiten des verwendeten Salzbad, ist es möglich, dass der zu erzeugende Druck lediglich über die Strömungsgeschwindigkeit durch Steigerung des Durchflusses des

durch das zweite Wärmetauschelement strömende Wasser zu regulieren. Dies kann über eine einfache Pumpe erfolgen.

[0047] Beispielsweise können, bei Bedarf, Drücke von sieben bar (beispielsweise für die Lebensmittelindustrie) gefahren werden und kurz darauf, durch eine Steigerung der Strömungsgeschwindigkeit, Drücke von bis zu 800 bar erzeugt werden, ohne dass dabei andere, zusätzliche oder verschiedene resistente Materialien, Konfigurationen oder Ausgestaltungen vorgesehen werden müssen.

[0048] Somit kann mit nur einer kompakten Vorrichtung und einem Gehäuse eine besonders flexible und multiple anwendbare Vorrichtung zur Dampferzeugung vorgesehen werden.

[0049] Die Dampferzeugung ist im vorliegenden Fall außerdem unabhängig von der Wärmequelle. Somit kann das Wärmetauschfluid nicht nur durch die Verbrennung von Biomasse als Rauchgas vorliegen, sondern das Wärmetauschfluid kann beispielsweise auch durch die Verbrennung von fossilen Brennstoffen, wie z.B. Kohle oder Erdgas, erzeugt werden. Dieses Wärmetauschfluid kann dann analog zu Rauchgas durch das erste Wärmetauschelement strömen.

[0050] Gemäß einem weiteren Aspekt kann das erste Wärmetauschelement zumindest in einem Abschnitt am Einlass des Gehäuses eine Keramik-Ummantelung aufweisen.

[0051] Mit anderen Worten, ein Bereich am Einlass des ersten Wärmetauschelements innerhalb des Gehäuses kann eine Keramikschicht aufweisen.

[0052] Eine solche Ausgestaltung ist mit Blick auf die Effizienzsteigerung bei der Dampferzeugung besonders wertvoll, da dabei Hochtemperatur-Rauchgasströme von beispielsweise 1000°C auf Grund ihrer Strahlungsenergie besonders stark genutzt werden kann. Hierbei ermöglicht die Keramik-Isolierung des Anfangsbereichs des ersten Wärmetauschelements, dass die Wärmeenergie des Hochtemperatur-Rauchgases auf das Salzbad übertragen werden kann, ohne dabei Gefahr zu laufen, dass es zu einer Zersetzung des Salzbad kommt. Somit kann bei hoher Betriebssicherheit die Strahlungsenergie des Hochtemperatur-Rauchgases besonders effizient genutzt werden.

[0053] Bevorzugt kann die Keramik-Ummantelung aus Calcium-Aluminat geformt sein.

[0054] Im Gegensatz kann, besonders bevorzugt, zumindest ein Abschnitt des ersten Wärmetauschelements am Auslass des Gehäuses keine Keramik-Ummantelung aufweisen, um auch die verbleibende Restwärme des Wärmetauschfluids nach einer Durchströmung des Gehäuses durch das erste Wärmetauschelements zur Dampferzeugung nutzen zu können.

[0055] Hierbei kann die Keramik-Ummantelung an einer Innenseite des ersten Wärmetauschelements vorgesehen sein. Somit kann eine Überbeanspruchung des ersten Wärmetauschelements, d.h. des Strömungskanals innerhalb des Gehäuses, insbesondere im Bereich des Strömungseintritts in das Gehäuse, sicher verhindert

werden. Zweifelsohne steigert dies die Betriebssicherheit und sichert die Langlebigkeit und Zuverlässigkeit des Dampferzeugers.

[0056] Um den Energieeintrag in das Salzbad weiter zu steigern können, außerdem zumindest in dem Bereich der Keramik-Ummantelung, bevorzugt über die gesamte Erstreckung des ersten Wärmetauschelements, an der Außenseite des ersten Wärmetauschelements Rippen vorgesehen sein. Solche Rippen können sich in das Innere des Gehäuses hinein erstrecken.

[0057] Entsprechend wirken die Rippen wie ein Rippenwärmetauscher und steigern die Energieübertragung von dem Wärmetauschfluid (z.B. Rauchgas) auf das Salzbad weiter.

[0058] Gemäß einer solchen Ausgestaltung kann über die Dicke der Keramik-Ummantelung sowie durch die Größe und den Abstand der Rippen der Wärmeeintrag in das Salzbad beliebig eingestellt werden.

[0059] Bevorzugt handelt es sich bei den Rippen um Stahlrippen.

[0060] Ebenso kann auch am Gehäuse selbst eine zusätzliche Keramikschicht vorgesehen sein, um den Dampferzeuger nach außerhalb des Gehäuses hin noch stärker zu isolieren und den Energieeintrag vom Strömungskanal auf das Salzbad und dann weiter auf das Wasser im zweiten Wärmetauschelement zu maximieren. So wird ein potenzieller Wärmeverlust minimiert und die Prozessparameter können noch stabiler eingestellt werden.

[0061] Gemäß einem weiteren Aspekt ist das Gehäuse auf einem Sockel abgestützt. Hierbei ist im Strömungskanal ein Vorwärmabschnitt vorgesehen. Dieser Vorwärmabschnitt ist in dem Sockel angeordnet.

[0062] Entsprechend ist der Dampferzeuger so ausgestaltet, dass das Wärmetauschfluid zuerst durch den Vorwärmabschnitt des Strömungskanals und dann durch den in dem als erstes Wärmetauschelement in dem Gehäuse angeordneten Abschnitt des Strömungskanals strömt.

[0063] Entsprechend kann also das Wärmetauschfluid zunächst durch den Vorwärmabschnitt strömen, welcher im Sockel angeordnet ist, bevor es in das Gehäuse des Dampferzeugers eintritt.

[0064] Konkret bedeutet dies, dass dadurch das Gehäuse sowie das darin eingefüllte Salzbad durch den Vorwärmabschnitt mit dem größtmöglichen Querschnitt des Strömungskanals vorgewärmt werden können.

[0065] Nachdem am Einlass des Strömungskanals, also beim Einlass des Vorwärmabschnitts, der Querschnitt des Strömungskanals am größten ist, ist gleichzeitig die Strömungsgeschwindigkeit des Wärmetauschfluids am geringsten, sodass effektiv eine Vorwärmung des Salzbad von außerhalb des Gehäuses erfolgen kann, ohne dass die Leitungen des Strömungskanals im Bereich innerhalb des Gehäuses, also im Bereich des ersten Wärmetauschelements, überstrapaziert werden.

[0066] Bevorzugt ist der Sockel aus Beton geformt.

[0067] Dadurch kann eine sichere und hochtempera-

turresistente Abstützung des Strömungskanals und des Gehäuses sichergestellt werden.

[0068] Bevorzugt ist das Gehäuse aus Edelstahl geformt.

5 **[0069]** Aufgrund dessen kann eine hohe Korrosionsbeständigkeit, auch bei höheren Temperaturen, zum Beispiel des Salzbad, sichergestellt werden, und ein zuverlässiger und sicherer Betrieb über einen längeren Zeitraum ermöglicht werden.

10 **[0070]** Bevorzugt ist der Vorwärmabschnitt des Strömungskanals aus Keramik geformt. Besonders bevorzugt ist der Vorwärmabschnitt des Strömungskanals aus Calcium-Aluminat geformt.

15 **[0071]** Ferner kann der Vorwärmabschnitt in einer bevorzugten Ausgestaltungsform in eine erste und eine zweite Hälfte unterteilt sein. Die erste und zweite Hälfte können monolithisch hergestellt sein.

[0072] In diesem Kontext ist die "erste Hälfte" als die dem Gehäuse zugewandte Seite/Hälfte des Vorwärmabschnitts des Strömungskanals und die "zweite Hälfte" als die dem Gehäuse abgewandte Hälfte/Seite zu verstehen.

[0073] Bevorzugt sind die erste und zweite Hälfte des Vorwärmabschnitts aus unterschiedlichen Keramik-Materialien hergestellt.

25 **[0074]** Hierbei ist besonders bevorzugt, dass die erste Hälfte des Vorwärmabschnitts Silicium-Carbid aufweist. Dadurch kein bei höherer Temperaturresistenz eine verbesserte Wärmeleitfähigkeit der ersten Hälfte des Vorwärmabschnitts erzielt und die gewünschte Wärmeleitfähigkeit "eingestellt" werden. Parallel dazu stellt die zweite Hälfte eine verbesserte Isolierung zur Umgebung sicher.

30 **[0075]** Die Keramikausgestaltung des Strömungskanals stellt sicher, dass auch bei sehr hohen Wärmetauschfluidtemperaturen (zum Beispiel oberhalb von 800 °C) eine Überbelastung des Strömungskanals verhindert und somit eine sichere und zuverlässige Betriebsweise des Dampferzeugers sichergestellt werden kann. Gleichzeitig ist aufgrund der Keramikeigenschaften ein Vorwärmen des Salzbad über den Strömungskanal bzw. über den Vorwärmabschnitt des Strömungskanals im Sockel sichergestellt.

35 **[0076]** Hierbei ist der Begriff "Vorwärmen" bzw. "Vorwärmabschnitt" so zu verstehen, dass eine erste Erwärmung des Salzbad durch den Vorwärmabschnitt erfolgt und eine weitere Erwärmung dann in dem Abschnitt des Strömungskanals erfolgt, der durch das Gehäuse strömt.

40 **[0077]** Der Begriff "Vorwärmen" schließt dabei jedoch nicht aus, dass der größte Teil des Wärmeübergangs vom Wärmetauschfluid auf das Salzbad bereits in diesem Vorwärmabschnitt des Strömungskanals erfolgt. So kann z.B. das Wärmetauschfluid mit 1300 °C in den Vorwärmabschnitt eintreten und Wärmeenergie über die Keramikausgestaltung und das Gehäuse an das Salzbad übertragen. Anschließend kann das Wärmetauschfluid mit einer beispielhaften Temperatur von ca. 600 °C in das

Gehäuse selbst eintreten und dieses mit einer Restwärmemetemperatur von ca. 500°C wieder verlassen.

[0078] Somit kann das Salzbad im Dauerbetrieb ebenfalls ca. 500°C aufweisen.

[0079] Um auch die Restwärme des Wärmetauschfluids von ca. 500°C nutzen zu können, kann in einer bevorzugten Ausführungsform ein Rohr-Wasser-Wärmetauscher, bevorzugt mit schneckenförmigen Windungen, vorgesehen sein, um auch die Restwärmemetemperatur von ca. 500°C noch weiter nutzen zu können. Dadurch kann der Gesamt-Wirkungsgrad des Dampferzeugers noch weiter gesteigert werden.

[0080] Beispielhaft kann der Vorwärmabschnitt des Strömungskanals ein eingegossenes Keramikelement in dem Sockel bzw. ein Rohr aus Keramik in dem Sockel sein.

[0081] Darüber hinaus kann analog dazu, der Vorwärmabschnitt des Strömungskanals mit einer Keramikschicht, besonders bevorzugt eine Schicht aus Calcium-Aluminat, beschichtet sein.

[0082] In einem solchen Dampferzeuger stellen oftmals die Schweißnähte, z.B. des Gehäuses und/oder des Strömungskanals im Bereich des Gehäuses, die am stärksten belasteten Bereiche und die kritischsten Punkte für Leckagen und Korrosion dar.

[0083] Um Leckagen oder Korrosion vorzubeugen, kann in einer bevorzugten Ausgestaltungsform eine Keramikschicht, z.B. in Form von thermischen Barrierehüllen, im Bereich der Schweißnähte vorgesehen sein.

[0084] Dadurch kann eine zusätzliche Ummantelung des Stahls mit einer temperaturresistenten Schicht erzielt werden. Entsprechend kann der Strömungskanal bzw. das Gehäuse vor zu hohen Wärmestromdichten geschützt werden.

[0085] Darüber hinaus kann dadurch erreicht werden, dass Wärmeenergie gleichmäßig und ohne "Peaks" in die Stahlflächen und dementsprechend in das Salz eingeleitet werden kann.

[0086] Bevorzugt nimmt die Wandstärke des Vorwärmabschnitts entlang seiner Erstreckungsrichtung ab.

[0087] Selbst wenn am Einlass des Strömungskanals und damit am Einlass des Vorwärmabschnitts des Strömungskanals die höchste Temperatur des Wärmetauschfluids bei gleichzeitig niedrigster Strömungsgeschwindigkeit anliegt, kann dabei das Risiko der Überbelastung des Strömungskanals sichergestellt und ein stabiler Wärmeübergang ermöglicht werden.

[0088] In Ergänzung dazu kann aufgrund der abnehmenden Wandstärke der Übertragungsgrad auf das Gehäuse und das darin befindliche Salzbad entlang der Erstreckungsrichtung des Vorwärmabschnitts erhöht werden. Somit mit zunehmender Erstreckung ein höherer Grad der Wärmeübertragung und damit Vorwärmung des Salzbadess sichergestellt werden.

[0089] Gemäß einer solchen Anordnung kann also das Wärmetauschfluid aufgrund des Durchströmens des Vorwärmabschnitts eine homogene Erwärmung und damit Verflüssigung des Salzbadess sicherstellen, bevor

das Wärmetauschfluid im Bereich des ersten Wärmetauschelements zum weiteren Wärmeaustausch durch das Gehäuse strömt.

[0090] Der im Sockel angeordnete Vorwärmabschnitt des Strömungskanals kann das Gehäuse direkt kontaktieren. Zum verbesserten Steuern des Wärmeübergangs kann jedoch im Sockel zwischen Gehäuse und Vorwärmabschnitt des Strömungskanals optional eine Silizium-Carbid-Sand-Schicht vorgesehen sein.

[0091] Eine solche Schicht weist besonders gute Wärmeleitungsseigenschaften und Wärmeübertragungseigenschaften auf.

[0092] Dadurch kann der Wärmeeintrag über das Gehäuse in das Salzbad verbessert werden.

[0093] In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung kann dabei Silicium-Carbid-Sand in eine Zwischenmembranwand zwischen dem Vorwärmabschnitt des Strömungskanals und der Außenseite des Gehäuses gefüllt werden.

[0094] Hierbei ist besonders bevorzugt, dass der Vorwärmabschnitt sowohl an der Unterseite des Gehäuses also auch einer Seite des Gehäuses angeordnet ist und in diesen Bereich von Wärmetauschfluid, z.B. Rauchgas, durchströmt wird. So kann das Wärmetauschfluid an der Unterseite des Gehäuses als eine Art "Wannenheizung" dienen und die Zwischenmembranwand in einem Seitenbereich des Gehäuses die Wärme-Einkopplung regulieren.

[0095] Hierbei kann der Silicium-Carbid-Sand allein, oder falls der Wärmeübergang verringert werden soll, mit Quarzsand gemischt vorliegen.

[0096] Insbesondere wird dadurch eine kaskadenförmige Abstufung der Wärmeübertragung von der Keramik des Vorwärmabschnitts auf die Silizium-Carbid-Sand-Schicht, auf das Metall des Gehäuses, auf das Salzbad und abschließend auf Metallrohre des zweiten Wärmetauschelements und somit auf das Wasser erreicht.

[0097] Bevorzugt ist der Querschnitt des Strömungskanals in dem Vorwärmabschnitt konstant.

[0098] Mit anderen Worten, der Querschnitt des Vorwärmabschnitts ist im gesamten Sockel konstant und gleichzeitig mit dem größten Querschnitt des Strömungskanals versehen.

[0099] Noch anders ausgedrückt bedeutet dies, dass der Vorwärmabschnitt einen konstanten und größeren Querschnitt als der Strömungskanal innerhalb des Gehäuses, also in dem Bereich, in dem er als erstes Wärmetauschelement fungiert, aufweist.

[0100] Ein solch großer, konstanter Querschnitt des Vorwärmabschnitts des Strömungskanals stellt eine ausreichende und sichere Vorwärmung des Salzbadess innerhalb des Gehäuses sicher.

[0101] Bevorzugt ist der Querschnitt des Strömungskanals an einem Einlass des Abschnitts des Strömungskanals, der in dem Gehäuse angeordnet ist, größer als an dem Auslass des Abschnitts des Strömungskanals, der in dem Gehäuse angeordnet ist.

[0102] Mit anderen Worten, der Abschnitt des Strö-

mungskanals, der als erstes Wärmetauschelement im Gehäuse angeordnet ist, weist am Einlass einen größeren Querschnitt als am Auslass auf.

[0103] Der Querschnitt kann hierbei sich iterativ, d. h. in Stufen, reduzieren. Es ist jedoch ebenfalls möglich, dass der Querschnitt kontinuierlich entlang seiner Erstreckungsrichtung abnimmt.

[0104] Bevorzugt weist der Strömungskanal mehrere U-förmige Rohrwicklungen auf.

[0105] Gemäß einer solchen Ausgestaltung kann also ein möglichst zahlreiches "Schlängeln" des Strömungskanals vom Einlass zum Auslass erzielt werden und somit die potenzielle Oberfläche für Wärmeübertragung an das Gehäuse im Vorwärmabschnitt bzw. direkt an das Salzbad im Bereich innerhalb des Gehäuses erreicht werden.

[0106] Besonders bevorzugt, weist dabei der Vorwärmabschnitt des Strömungskanals mindestens eine U-förmige Rohrwicklung auf, sodass das Wärmetauschfluid von einem Einlass des Strömungskanals entlang der Erstreckungsrichtung des Gehäuses im Sockel geführt wird, am Ende des Gehäuses eine U-förmige Richtungsänderung erlebt und dann wieder in Richtung des Einlasses des Gehäuses zurückgeführt wird, um dann weiter durch den Strömungskanal durch das Gehäuse zu strömen.

[0107] Ferner ist besonders bevorzugt, dass auch im Bereich des Strömungskanals, der sich im Bereich des Gehäuses erstreckt, mindestens eine U-förmige Rohrwicklung vorgesehen ist.

[0108] Somit kann auch im Bereich des Strömungskanals innerhalb des Gehäuses, also im Bereich in dem er als erstes Wärmetauschelement fungiert, sichergestellt werden, dass ein hoher Wärmeübergang realisierbar ist.

[0109] Bevorzugt sind also die U-förmigen Rohrwicklungen in dem Vorwärmabschnitt und/oder dem Abschnitt des Strömungskanals, der in dem Gehäuse angeordnet ist, vorgesehen.

[0110] Bevorzugt weist der Dampferzeuger mehrere Strömungskanäle auf.

[0111] Diese Strömungskanäle verlaufen bevorzugt parallel zueinander und sind jeweils von dem Wärmetauschfluid durchströmbar.

[0112] Somit kann die Wärmeübertragungsoberfläche am Strömungskanal im Vorwärmabschnitt und im Gehäuse weiter erhöht werden, und somit eine homogene und gleichmäßige Wärmeübertragung auf das Salzbad und damit auch auf das zur Dampferzeugung vorgesehene Wasser im zweiten Wärmetauschelement erfolgen.

[0113] Bevorzugt weist das Salzbad ein Nitratsalz auf. Besonders bevorzugt weist das Salzbad ein Kalium-Natrium-Nitrat auf.

[0114] Das Nitratsalz ist nicht nur besonders kostengünstig, sondern auch zur Energiespeicherung bei hohen Temperaturen des Wärmetransfermediums, zum Beispiel bei Rauchgas bis zu 900 °C, ohne chemische Zersetzung verwendbar. Somit wird eine möglichst betriebssichere und effiziente Ausgestaltung des Dampfer-

zeugers realisiert.

[0115] Parallel dazu ist das Kalium-Natrium-Nitrat ebenfalls besonders temperaturstabil und somit zur effizienten Wärmeübertragung und Wärmespeicherung bei Überhitzung geeignet.

[0116] Somit kann zum Beispiel eine Salzbadtemperatur von 350° bis 565 °C anliegen, ohne eine Gefährdung für die Betriebssicherheit des Dampferzeugers darzustellen.

[0117] Bevorzugt bedeckt das Wärmetransfermedium, hier das Salzbad, mindestens das erste Wärmetauschelement und das zweite Wärmetauschelement.

[0118] Gemäß den oben beschriebenen Ausgestaltungen kann eine besonders betriebssichere, effiziente und günstige, sowie flexible Dampferzeugung realisiert werden, denn das Salzbad gewährt eine hohe Wärmeübertragung bei verschiedensten Temperaturen und weist zudem eine "hohe Verzeihlichkeit" hinsichtlich Temperaturschwankungen und schwankenden Energiegehalten auf. Das heißt, das Salzbad ermöglicht eine hohe Wärmehomogenität und kann somit den oben beschriebenen Problemen der unterschiedlichen Dampferemperaturen und dem variablen Energiegehalt, der, zum Beispiel verwendeten Biomasse, entgegenwirken.

[0119] Darüber hinaus stellt der hohe Anfangsquerschnitt des Strömungskanals sicher, dass die Strömungsgeschwindigkeiten zu Beginn der Wärmeübertragung reduziert sind und somit Wärmehotspots, Überhitzungen oder sogar Zersetzungen des Salzbad verhindert werden können. In Ergänzung oder alternativ dazu stellt der im Sockel vorgesehene Vorwärmabschnitt sicher, dass bereits vor Eintritt des Wärmetauschfluids in das Gehäuse das Salzbad vorgewärmt und so besonders effizient Wärme zur Dampferzeugung an das Wasser im zweiten Wärmetauschelement übertragen werden kann.

[0120] Aufgrund dessen können Stabilitätsprobleme, die zum Beispiel durch einen Strömungsabriss der Strömung des Wärmetauschfluids durch das Rohr bzw. im Salz verhindert und somit ein homogener Wärmeübergang sichergestellt werden.

[0121] In Ergänzung dazu können lokale Hotspots zum Beispiel in Ecken des Gehäuses oder aufgrund der oben beschriebenen Strömungsabrisse hervorgerufene Hotspots verhindert werden. Entsprechend kann einem dauerhaften Glühen des Gehäuses, des Strömungskanals und/oder des zweiten Wärmetauschelements und damit einer Überbelastung des Salzes, welches sich gegebenenfalls zersetzen würde, verhindert werden.

[0122] Aufgrund dessen kann auch ein Angriff des Metalls durch das zersetzte Salz verhindert werden.

[0123] Dies ist insbesondere dadurch sichergestellt, dass lediglich im Bereich des Einlasses des Strömungskanals der Energieeintrag in das Salzbad am höchsten ist und entlang der Erstreckungsrichtung des Strömungskanals abnimmt.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0124] Nachfolgend wird anhand schematischer Zeichnungen ein Dampferzeuger gemäß einer beispielhaften Ausführungsform beschrieben. Solche Dampferzeuger werden beispielsweise zur Dampferzeugung für die Energiegewinnung zum Beispiel in einer Dampfmaschine oder einem Dampfmotor verwendet. Es zeigen:

Figur 1: eine isometrische Darstellung eines Dampferzeugers gemäß einer beispielhaften Ausführungsform, wobei die Oberseite des Gehäuses und die Seitenwand des Sockels zu Darstellungszwecken weggelassen worden bzw. geschnitten dargestellt sind.

Figur 2: eine zu Darstellungszwecken leicht modifizierte schematische Querschnittsdarstellung des Dampferzeugers gemäß der beispielhaften Ausführungsform entlang der Schnittlinie A-A von Figur 1.

[0125] Wie im vorhergehenden Absatz bereits angedeutet, ist Figur 2 mit Blick auf die Proportionen und die gezeigten Merkmale nicht vollständig identisch zur isometrischen Darstellung des Dampferzeugers in Figur 1.

[0126] Dies wurde vor allem deshalb durchgeführt, um im Querschnitt von Figur 2 der vorliegenden Anmeldung die Kerneigenschaften der wichtigsten Merkmale des Dampferzeugers und deren Ausgestaltung hervorzuheben.

[0127] Konkret werden dabei zum Beispiel die Bereiche des Sockels im Verhältnis zum Gehäuse etwas vergrößert, um die im Sockel enthaltenen Strömungskanäle besser zu veranschaulichen. Ebenso wurde die nachfolgend genauer beschriebene Silicium-Carbid Schicht abstandsetzt zum Strömungskanal und zum Gehäuse dargestellt. Das Silicium-Carbid kann jedoch auch in einen Hohlraum bzw. Aussparungen zwischen Gehäuse und Sockel gefüllt sein, so dass kein Abstand zur Silicium-Carbid Schicht gegeben ist.

[0128] Auch der im Gehäuse selbst verlaufende Teil des Strömungskanals, nachfolgend als erstes Wärmetauschelement bezeichnet, und die entsprechenden Rohre wurden zu Darstellungszwecken vergrößert abgebildet.

[0129] All diese Proportionen können jedoch variieren und sind in den Figuren rein exemplarischer Natur.

[0130] Es versteht sich, dass Figuren 1 und 2 sich auf die gleiche Ausführungsform beziehen und in keinem Widerspruch stehen bzw. als Alternativen oder dergleichen verstanden werden sollen.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM

[0131] Fig. 1 stellt eine perspektive Darstellung eines Dampferzeugers 1 gemäß einer beispielhaften Ausführungsform dar.

[0132] Fig. 1 ist dabei zu entnehmen, dass der Dampferzeuger 1 ein Gehäuse 2 und einen Sockel 20 aufweist. Der Sockel 20 ist in Figur 1 durch einen Schnitt geöffnet dargestellt, um den nachfolgend genauer beschriebenen Strömungsverlauf durch den Sockel 20 besser darzustellen.

[0133] Der Sockel 20 und die darin enthaltenen Komponenten werden im Detail mit Bezugnahme auf Fig. 2 beschrieben.

[0134] Der in Fig. 1 gezeigte Dampferzeuger 1 umfasst ein Gehäuse 2, in dem ein Strömungskanal und ein zweites Wärmetauschelement 4 angeordnet sind.

[0135] Das erste Wärmetauschelement 3 ist von einem Wärmetauschfluid durchströmbar. In der nachfolgenden Beschreibung einer Ausführungsform wird Rauchgas als Beispiel eines solchen Wärmetauschfluids verwendet, welches durch eine Biomasseverbrennung erzeugt worden ist. Ein weiteres Beispiel für ein solches Wärmetauschfluid wäre die Abwärme einer Biogasanlage.

[0136] Das Rauchgas wird über einen Trichter 13 zum Dampferzeuger 1 geführt.

[0137] In diesem Zusammenhang weist das Gehäuse 2 des Dampferzeugers 1 einen Einlass 6, an dem der Trichter 13 angeschlossen ist, sowie einen Auslass 7 auf. Dementsprechend kann das Rauchgas das Gehäuse 2 von dem Einlass 6 zu dem Auslass 7 durch den Strömungskanal durchströmen. Diese Strömungsrichtung wird in der beschriebenen Ausführungsform als "erste Strömungsrichtung 5" bezeichnet. Das heißt, das Rauchgas durchströmt das Gehäuse 2 entlang der ersten Strömungsrichtung 5 vom Einlass 6 zum Auslass 7 des Gehäuses 2.

[0138] In der hier beschriebenen Ausführungsform ist außerdem ein Vorwärmabschnitt 21 des Strömungskanals 3 vorgesehen. Wie Figur 1 zu entnehmen ist, strömt das Rauchgas zunächst durch diesen Vorwärmabschnitt 21 des Strömungskanals, bevor es zum Einlass 6 des Gehäuses 2 gelangt.

[0139] Ebenso ist es jedoch auch möglich, dass kein Vorwärmabschnitt vorgesehen ist, so dass das Rauchgas direkt vom Einlass 6 des Gehäuses 2 entlang der ersten Strömungsrichtung 5 zum Auslass 7 des Gehäuses 2 strömt.

[0140] In der gezeigten Ausführungsform weist das erste Wärmetauschelement 3 eine Vielzahl von Rohren 8, das heißt eine Vielzahl von Strömungskanälen auf, welche sich entlang der Erstreckungsrichtung des Gehäuses 2, das heißt vom Einlass 6 zum Auslass 7 des Gehäuses 2, erstrecken.

[0141] In der gezeigten Ausführungsform des Dampferzeugers 1 ist das Gehäuse 2 "boxartig" ausgestaltet, das heißt, es erstreckt sich im Wesentlichen entlang einer Tiefenrichtung des Gehäuses 2 und weist einen rechtwinkligen Querschnitt auf. Die Breite und/oder Höhe sowie die Tiefe des Gehäuses 2 sind jedoch für die Dampferzeugung nicht limitierend und können nach Platzbedarf und/oder Wunschausgestaltungen konfigur-

riert werden. In der gezeigten Ausführungsform entspricht die erste Strömungsrichtung 5 der Längserstreckung des Gehäuses 2.

[0142] Das zweite Wärmetauschelement 4 wird in dieser Ausführungsform zur Dampferzeugung von Wasser durchströmt. Mit anderen Worten, das Wasser im zweiten Wärmetauschelement 4 wird durch die vom ersten Wärmetauschelement 3 bzw. dem darin strömenden Rauchgas erwärmt und somit von einem flüssigen Zustand in einen dampfförmigen Zustand gebracht. Dieser Dampf kann anschließend beispielsweise zur Stromerzeugung verwendet werden. Hierbei kann der Strom in einem Dampfmotor und/oder einer Dampfturbine verwendet werden, welcher mit dem erzeugten Dampf gespeist wird. In der gezeigten Ausführungsform ist das zweite Wärmetauschelement 4 als ein einziges Rohr ausgestaltet, welches sich mit Wicklungen durch das Gehäuse 2 des Dampferzeugers 1 erstreckt.

[0143] An dieser Stelle sei angemerkt, dass aus Illustrationszwecken auch der Deckel des Gehäuses 2 (an einer Oberseite davon) in Fig. 1 nicht dargestellt worden ist, sodass das Innenleben des Gehäuses 2 in der isometrischen Ansicht von Fig. 1 erkennbar ist.

[0144] In dieser Ausführungsform wird die Strömungsrichtung des Wassers im zweiten Wärmetauschelement 4 als "zweite Strömungsrichtung" bezeichnet.

[0145] Wie aus den Figuren ersichtlich ist, weist das zweite Wärmetauschelement 4 in Form eines Rohrs eine Vielzahl von Rohrwicklungen 10 auf. Diese Rohrwicklungen 10 sind, wie in Fig. 1 erkennbar, so im Gehäuse 2 angeordnet, dass sich das zweite Wärmetauschelement 4 im Wesentlichen senkrecht zur ersten Strömungsrichtung 5 von dem Einlass 6 des Gehäuses 2 zu dem Auslass 7 des Gehäuses 2 erstreckt und mit U-förmigen Rohrwicklungsabschnitten eine möglichst große Rohrlänge und damit Rohroberfläche entlang seiner Erstreckung vom Einlass 6 zum Auslass 7 des Gehäuses 2 erzielt. Im Querschnitt durch den Dampferzeuger gemäß Fig. 2 wird zur verbesserten Darstellung auf die Abbildung des zweiten Wärmetauschelements 4 verzichtet.

[0146] Das heißt, während sich die Rohre 8 des ersten Wärmetauschelements 3 vom Einlass 6 zum Auslass 7 des Gehäuses 2 geradlinig erstrecken nachdem das Rauchgas den Vorwärmabschnitt 21 durchlaufen hat, weist das Rohr des zweiten Wärmetauschelements 4 eine Vielzahl von in der gezeigten Ausführungsform vertikal verlaufenden Rohrabschnitten auf, sodass die mit U-förmigen Rohrwicklungsabschnitten verbundenen Rohrwicklungen 10 sich im Wesentlichen senkrecht zur ersten Strömungsrichtung 5 von dem Einlass 6 zu dem Auslass 7 des Gehäuses 2 erstrecken.

[0147] Gemäß einer weiteren, nicht gezeigten Ausführungsform ist es jedoch ebenso möglich, dass die erste Strömungsrichtung 5 und die zweite Strömungsrichtung im Wesentlichen parallel zueinander verlaufen.

[0148] Ebenso ist es möglich, dass ein jedes Rohr 8, also die jeweiligen Strömungskanäle des Dampferzeugers durch welche Rauchgas strömt, mindestens eine,

bevorzugt mehrere U-förmige Rohrwicklungen aufweist. Ist dies der Fall, kann das Rauchgas z.B. vom Einlass 6 des Gehäuses (bzw. falls vorgesehen, vom Einlass des Vorwärmabschnitts 21 des Strömungskanals) zunächst entlang der ersten Strömungsrichtung 5 verlaufen, dann durch die U-förmige Rohrwicklung in entgegengesetzter Richtung verlaufen und somit in Richtung des Einlasses 6 zurückströmen. Ein solcher Verlauf ist in Figur 1 und 2 dargestellt. Wie dem im Sockel 21 vorgesehenen Vorwärmabschnitt 21 und dem darin dargestellten Pfeil entnommen werden kann, strömt das Rauchgas zunächst durch eine untere Tasche 21a bevor es über eine U-förmige Rohrwicklung durch eine seitliche Tasche 21b zurückströmen kann. Nachdem die seitliche Tasche 21b des Vorwärmabschnitts 21 vom Rauchgas durchströmt worden ist, wird es in die Vielzahl von Rohren 8 geströmt.

[0149] Konkret bedeutet dies außerdem, dass die U-förmigen Rohrwicklungen des Strömungskanals 3 im Vorwärmabschnitt 21 und/oder dem Abschnitt des Strömungskanals, der in dem Gehäuse angeordnet ist, vorgesehen sein kann. Zur Erläuterung der bevorzugten Ausführungsform wird, in Anlehnung an Fig. 2, davon ausgegangen, dass sowohl im Vorwärmabschnitt 21 als auch im Abschnitt des Strömungskanals, der in dem Gehäuse 2 angeordnet ist, U-förmige Rohrwicklungen vorgesehen sind.

[0150] Eine solcher Strömungsverlauf ist außerdem durch die Richtungsangaben in den jeweiligen Rohren 8 in Fig. 2 sowie dem Vorwärmabschnitt 21 im Sockel 20 in Fig. 1 veranschaulicht und wird weiter unten nochmals detaillierter erläutert.

[0151] Ferner lässt der Pfeil im Vorwärmabschnitt 21 im Sockel 20 des Dampferzeugers klar und eindeutig verstehen, dass das eintretende Rauchgas zunächst durch einen unteren Teil des Sockels 20 im Vorwärmabschnitt 21, das heißt durch die untere Tasche 21a, zur Wärmeübertragung auf das Gehäuse 2 strömt, dann eine U-förmige Rohrwicklung aufweist, um dann seitlich vom Gehäuse in einer der ersten Strömungsrichtung 5 entgegengesetzten Richtung durch die seitliche Tasche 21b des Vorwärmabschnitts 21 zur weiteren Wärmeübertragung auf das Gehäuse 2 zurückzuströmen.

[0152] Fig. 1 veranschaulicht zudem, dass sich das zweite Wärmetauschelement 4 mit den U-förmigen Rohrwicklungen 10 zwischen den Rohren 8 und dem Gehäuse 2 erstreckt.

[0153] In der in den Figuren veranschaulichten Ausführungsform verläuft die erste Strömungsrichtung 5 im Wesentlichen entlang einer horizontalen Richtung, wohingegen die zweite Strömungsrichtung im Wesentlichen vertikal verläuft. Ebenso ist es jedoch möglich, den Dampferzeuger 1 "hochkant" anzuordnen, sodass eine erste Strömungsrichtung 5 in einer vertikalen Richtung und die zweite Strömungsrichtung im Wesentlichen in einer horizontalen Richtung verläuft. Sollte der Platzbedarf dies erfordern, ist ebenso eine geneigte Anordnung des Gehäuses 2 denkbar.

[0154] In der in Fig. 1 und in Fig. 2 veranschaulichten

Ausführungsform erstreckt sich das zweite Wärmetauschelement 4 entlang mehrerer Ebenen in einer Breitenrichtung, denn die Rohrwicklungen 10 des zweiten Wärmetauschelements 4 erstrecken sich im Wesentlichen senkrecht zur ersten Strömungsrichtung 5. Losgelöst davon ist es jedoch ebenso möglich, dass die Rohrwicklungen 10 des zweiten Wärmetauschelements 4 sich entlang einer vertikalen Richtung in verschiedenen Ebenen in einer Höhenrichtung des Gehäuses 2 zwischen den Rohren 8 des ersten Wärmetauschelements 3 oder einer Mischung daraus innerhalb des Gehäuses 2 zwischen den Rohren 8 des ersten Wärmetauschelements 3 erstrecken.

[0155] In dem Gehäuse 2 ist ein Wärmetransfermedium angeordnet, um zur Dampferzeugung Wärme von dem durch das erste Wärmetauschelement 3 strömende Wärmetauschfluid (hier Rauchgas) auf das durch das zweite Wärmetauschelement 4 strömende Wasser zu übertragen. Hierbei ist das Wärmetransfermedium ein Salzbad, welches das erste Wärmetauschelement 3 und das zweite Wärmetauschelement 4 im Gehäuse 2 bedeckt.

[0156] Wie in Fig. 1 dargestellt, kann dieses Salzbad über Einlassstutzen 15 in das Gehäuse 2 gefüllt werden. Somit füllt das Salzbad die Zwischenräume zwischen dem ersten Wärmetauschelement 3 und dem zweiten Wärmetauschelement 4 im Gehäuse 2 und kann dieses vollständig ausfüllen. Entsprechend kann dieses Salzbad als Wärmetransfermedium und Energiespeicher dienen, um so die Homogenität der Energieübertragung zu steigern.

[0157] Das Salzbad kann ein Nitratsalz, insbesondere ein Kalium-Natrium-Nitrat aufweisen.

[0158] Ferner kann der Strömungskanal innerhalb des Gehäuses in der in Fig 1 gezeigten Ausführungsform, also das erste Wärmetauschelement 3, einen sich verjüngenden Querschnitt innerhalb des Gehäuses 2 aufweisen. Entsprechend ist der Querschnitt an einem Einlass 6 des Strömungskanals größer als an einem Auslass 7 des Strömungskanals.

[0159] Diese Verjüngung des Querschnitts kann z.B. im Bereich der U-förmigen Rohrwicklungen des Strömungskanals vorgesehen sein. Alternativ ist es möglich, dass die Verjüngung entlang der ersten Strömungsrichtung 5 erfolgt.

[0160] Gemäß einer solchen Ausgestaltung kann eine Problematik aufgrund von schwankenden Dampfparametern, der zum Beispiel auf nicht konstantem Brennstoff bzw. dessen Brennwert zurückzuführen ist, selbst bei überkritischen Drücken von über 350 bar unterbunden werden.

[0161] Das heißt, selbst wenn zum Beispiel Rauchgas mit einer Temperatur von 900°C in den Dampferzeuger 1 eintritt, wird die Wärmeenergie zunächst auf das Wärmetransfermedium in Form eines Salzbad übertragen. Hierbei ist es, im Falle von mehreren zweiten Wärmetauschelementen 4 ebenfalls möglich, dass eines dieser Wärmetauschelemente nicht von Wasser durchströmt

wird, falls dieses gerade nicht benötigt wird. Aufgrund der Anordnung des Wärmetransfermedium im Gehäuse 2 des Dampferzeugers 1 kann dabei eine Zerstörung oder Überhitzung des Leerrohrs des zweiten Wärmetauschelements 4 verhindert werden, denn das Salzbad ist nicht nur als Wärmetransfermedium vorgesehen, sondern kann überdies auch Wärmeenergie speichern und bei Bedarf wieder abgeben. Ein solches Salzbad wird oft auch als "Nitratschmelze" bezeichnet.

[0162] Dieses kann bis zu 565°C erhitzt werden, ohne sich dabei zu zersetzen.

[0163] Darüber hinaus kann auch zum Beispiel im Lebensmittelbereich ein Rohr 8 für sieben bar Dampf, ein weiteres Rohr 8 für 16 bar Dampf sowie ein drittes Rohr 8 für Hochdruckdämpfe (beispielsweise 500 bar) für Motoren und Turbinen mit der gleichen Vorrichtung bereitgestellt werden. Dies wird durch die Strömungsgeschwindigkeit in den jeweiligen Rohren 8 des zweiten Wärmetauschelements 4 gesteuert.

[0164] Darüber hinaus wird aufgrund der Querschnittsverjüngung entlang der Wärmetauschfluidströmung durch das Gehäuse 2 der Energieeintrag in das Salzbad am Einlass des Strömungskanals am höchsten und gleichzeitig die Strömungsgeschwindigkeit am Einlass des Strömungskanals am geringsten gehalten.

[0165] Somit kann eine Überbelastung des Salzbad auch bei Hochtemperaturanwendungen verhindert und eine möglichst homogene Wärmeübertragung erzielt werden. Somit ist eine drucklose Speicherung von Energie realisierbar, ohne dass dabei ein Betriebsrisiko auftritt und Überbelastungen riskiert werden würden.

[0166] Gemäß einer solchen Ausgestaltung kann also ein Dampferzeuger realisiert werden, welcher bei einem maximalen Druck von 0,1 bar auf die Salzschnmelze dauerhaft und sicher betrieben werden kann.

[0167] Eine weitere Absicherung kann hierbei durch das Vorsehen von (nicht dargestellte) Edelstahlblechen als (Sicherheits-) Membran realisiert werden. Selbst im unwahrscheinlichen Fall einer Leckage oder Korrosion im Gehäuse 2 ist somit das Gehäuse 2 nach außen hin zusätzlich abgesichert.

[0168] Des Weiteren kann zur Prozessüberwachung am Gehäuse 2 eine (nicht dargestellte) Überwachungseinrichtung vorgesehen sein.

[0169] Beispielhaft kann eine solche Überwachungseinrichtung in Form eines an einer Oberseite des Gehäuses 2 vorgesehen Rohrs ausgestaltet sein, welches in ein Wasserbad mündet.

[0170] Würde es im Gehäuse 2 zu einer (unwahrscheinlichen) Leckage des Wärmetauschfluids in das Salzbad und/oder einer Zersetzung des Salzbad kommen, würden, z.B., Stickoxide und/oder Sauerstoff freigesetzt werden. Die entstandenen Gase könnten dann durch Wasserblasen im Wasser unverzüglich erfasst und entsprechende Sicherheitsmaßnahmen abgeleitet werden.

[0171] Darüber hinaus ermöglicht das Vorsehen eines Vorwärmeabschnitts 21 im Sockel 20, welcher das Ge-

häuse 2 trägt, dass bereits der Großteil des Wärmeeintrags über dieses Vorwärmabschnitt 21 des Strömungskanals 3 erfolgen kann.

[0172] In Fig. 2 ist die Grundstruktur des Dampferzeugers 1 analog zum Dampferzeuger von Fig. 1 mit leicht modifizierten Proportionen ausgestaltet. In der gezeigten Ausführungsform ist der Sockel 20 aus Beton, bevorzugt HT-Beton.

[0173] Analog zur Darstellung von Fig. 1, wird der im Querschnitt in Fig. 2 entlang der Linie A-A von Figur 1 dargestellte Strömungskanal von einem Einlass des Strömungskanals zu einem Auslass des Strömungskanals von einem Wärmetauschfluid durchströmt und ein Abschnitt des Strömungskanals ist als erstes Wärmetauschelement 3 in dem Gehäuse 2 angeordnet. Darüber hinaus veranschaulicht Fig. 2 einen Vorwärmabschnitt 21 des Strömungskanals, der in dem Sockel 20 angeordnet ist und die untere Tasche 21a und die durch eine U-förmige Rohrwicklung verbundene seitliche Tasche 21b unterteilt werden kann.

[0174] Mit anderen Worten, der Strömungskanal weist einen Abschnitt in dem Gehäuse 2 auf, in dem er als erstes Wärmetauschelement 3 fungiert sowie einen stromaufwärts davon angeordneten Vorwärmabschnitt 21, der durch den Sockel 20 verläuft.

[0175] Somit ist der Dampferzeuger der dargestellten Ausführungsform ausgestaltet, dass das Wärmetauschfluid zuerst durch den Vorwärmabschnitt 21 des Strömungskanals und dann durch den in dem als erstes Wärmetauschelement 3 in dem Gehäuse 2 angeordneten Abschnitt des Strömungskanals strömt. In der in Fig. 2 gezeigten Ausgestaltung ist der Strömungskanal im Bereich des Sockels 20 aus Keramik, insbesondere aus Calcium-Aluminat geformt.

[0176] Wie bereits erwähnt weist die in Fig. 2 gezeigte Ausgestaltung sowohl der Vorwärmabschnitt 21 als auch der Abschnitt des Strömungskanals 3, der in dem Gehäuse 2 angeordnet ist, mindestens eine U-förmige Rohrwicklung auf, sodass das am Einlass des Strömungskanals 3 eintretende Wärmetauschfluid den Strömungskanal parallel zur Erstreckungsrichtung des Gehäuses durchströmen kann und dann in entgegengesetzter Richtung wieder in Richtung des Einlasses des Strömungskanals parallel dazu strömen kann, um dann durch eine weitere U-förmige Rohrwicklung des Strömungskanals in das Gehäuse 2 des Dampferzeugers einströmen zu können.

[0177] Zur Veranschaulichung der Strömungsrichtung des Wärmetauschfluids ist die Strömung entlang der Erstreckungsrichtung vom Einlass des Strömungskanals entlang des Gehäuses, das heißt entlang der ersten Strömungsrichtung 5 von Fig. 1, durch ein "X" und die Strömung in entgegengesetzter Richtung durch einen Punkt ("·") in Fig. 2 veranschaulicht.

[0178] Analog dazu, weist, wie oben erwähnt, auch der Abschnitt des Strömungskanals, der in dem Gehäuse 2 angeordnet ist und dabei als erstes Wärmetauschelement 3 fungiert, mehrere U-förmige Rohrwicklungen auf,

sodass das Wärmetauschfluid über eine möglichst lange Erstreckung durch das Gehäuse geführt werden kann.

[0179] Somit kann, wie durch den Pfeil in Figur 1 angedeutet, in einer solchen Ausgestaltung, das Wärmetauschfluid zunächst durch die Vorwärmabschnitte 21 der hier gezeigten zwei, parallel zueinander verlaufenden Strömungskanäle vom Einlass des Vorwärmabschnitts 21 entlang des Gehäuses 2 durch die untere Tasche 21a an der Außenseite des Gehäuses strömen und am Ende des Gehäuses 2 in Längsrichtung durch die seitliche Tasche 21b wieder in der entgegengesetzten Strömungsrichtung zurückströmen.

[0180] Im Anschluss tritt das Wärmetauschfluid durch den in dem Gehäuse 2 angeordneten als erstes Wärmetauschelement 3 dienenden Abschnitt des Strömungskanals. Folglich kann zunächst die Wärme des Wärmetauschfluids im Vorwärmabschnitt 21 an das Gehäuse 2 und damit an das darin enthaltene Salzbad abgegeben werden. Somit ist eine Überbeanspruchung des Abschnitts des Strömungskanals im Gehäuse (erstes Wärmetauschelement 3) ausgeschlossen.

[0181] Darüber hinaus ist aus Fig. 2 zu entnehmen, dass der Querschnitt des Strömungskanals 3 im Bereich des Vorwärmabschnitts 21 am größten ist. Mit anderen Worten, der Querschnitt des Vorwärmabschnitts 21 ist größer als der Querschnitt des Strömungskanals 3 innerhalb des Gehäuses 2. Folglich ist der Wärmeeintrag in das Salzbad im Bereich des Vorwärmabschnitts 21 auf Grund der reduzierten Strömungsgeschwindigkeit am größten und das Salzbad kann entsprechend vorgewärmt werden.

[0182] Um hierzu den Energieeintrag zu optimieren, kann, wie in Fig. 2 dargestellt, eine Silizium-Carbid-Sand-Schicht 22 zwischen dem Gehäuse 3 und dem Vorwärmabschnitt 21 vorgesehen sein.

[0183] Dadurch wird eine möglichst homogene Wärmeübertragung in das Gehäuse 2 sichergestellt.

[0184] Darüber hinaus ermöglicht der größere Querschnitt des Strömungskanals 3 im Bereich des Vorwärmabschnitts 21, dass die Strömungsgeschwindigkeit zu Beginn des Durchströmens des Strömungskanals 3 möglichst geringgehalten werden kann.

[0185] Hierbei ist es ebenfalls möglich, dass zum Beispiel der Querschnitt im gesamten Bereich des Vorwärmabschnitts 21 des Strömungskanals konstant bleibt und sich lediglich im Bereich des ersten Wärmetauschelements 3 reduziert.

[0186] Analog dazu ist es ebenso denkbar, dass sich die Querschnitte des Vorwärmabschnitts 21 und/oder Querschnitte des Strömungskanals, in dem Abschnitt, in dem er als erstes Wärmetauschelement 3 dient, kontinuierlich oder stufenweise reduzieren.

[0187] Analog dazu ist es möglich, dass sich die Wandstärke des Vorwärmabschnitts 21 entlang seiner Erstreckungsrichtung reduziert. So kann eine anfängliche Überhitzung vermieden und über den Erstreckungsverlauf des Vorwärmabschnitts 21 gleichmäßige Wärmeübertragung an das Gehäuse bzw. das darin enthaltene

Salzbad realisiert werden.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0188]

1	Dampferzeuger	
2	Gehäuse	
3	erstes Wärmetauschelement	
4	zweites Wärmetauschelement	10
5	erste Strömungsrichtung	
6	Einlass des Gehäuses	
7	Auslass des Gehäuses	
8	Rohr	
10	Rohrwicklungen des zweiten Wärmetauschelements	15
13	Trichter	
15	Einlassstutzen	
20	Sockel	
21	Vorwärmabschnitt	20
21a	untere Tasche	
21b	seitliche Tasche	
22	Silizium-Carbid-Sand-Schicht	

Patentansprüche

1. Dampferzeuger (1), aufweisend:

ein Gehäuse (2);
 einen Strömungskanal, der von einem Einlass des Strömungskanals zu einem Auslass des Strömungskanals von einem Wärmetauschfluid, bevorzugt Rauchgas, durchströmbar ist, wobei zumindest ein Abschnitt des Strömungskanals als erstes Wärmetauschelement (3) in dem Gehäuse (2) angeordnet ist;
 mindestens ein in dem Gehäuse (2) angeordnetes zweites Wärmetauschelement (4), das zur Dampferzeugung von Wasser durchströmbar ist,
 ein Wärmetransfermedium, das in dem Gehäuse (2) angeordnet ist, um zur Dampferzeugung Wärme von dem durch den Strömungskanal strömenden Wärmetauschfluid auf das durch das zweite Wärmetauschelement (4) strömende Wasser zu übertragen,
 wobei
 das Wärmetransfermedium ein Salzbad ist, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 der Querschnitt des Strömungskanals an dem Einlass des Strömungskanals größer ist als an dem Auslass des Strömungskanals.

2. Dampferzeuger (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Gehäuse (2) aus Edelstahl geformt ist.

3. Dampferzeuger (1) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei das erste Wärmetauschelement (3) zumindest in einem Abschnitt am Einlass (6) des Gehäuses (2) eine Keramik-Ummantelung, bevorzugt aus Calcium-Aluminat, aufweist.

4. Dampferzeuger (1) gemäß Anspruch 3, wobei die Keramik-Ummantelung an einer Innenseite des ersten Wärmetauschelements (3) vorgesehen ist, und zumindest in dem Bereich der Keramik-Ummantelung, bevorzugt über die gesamte Erstreckung des ersten Wärmetauschelements (3), an der Außenseite des ersten Wärmetauschelements (3) Rippen, bevorzugt, Stahlrippen, vorgesehen sind, welche sich in das Innere des Gehäuses hinein erstrecken.

5. Dampferzeuger (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Gehäuse (2) auf einem Sockel (20) abgestützt ist,

wobei der Strömungskanal einen Vorwärmabschnitt (21) aufweist, der in dem Sockel (20) angeordnet ist, und wobei der Dampferzeuger (1) so ausgestaltet ist, dass das Wärmetauschfluid zuerst durch den Vorwärmabschnitt (21) des Strömungskanals und dann durch den in dem als erstes Wärmetauschelement (3) in dem Gehäuse (2) angeordneten Abschnitt des Strömungskanals strömt.

6. Dampferzeuger (1) gemäß Anspruch 5, wobei der Sockel (20) aus Beton geformt ist, und/oder der Vorwärmabschnitt (21) des Strömungskanals aus Keramik, bevorzugt aus Calcium-Aluminat, geformt ist.

7. Dampferzeuger (1) gemäß Anspruch 5 oder 6, wobei die Wandstärke des Vorwärmabschnitts (21) entlang seiner Erstreckungsrichtung abnimmt.

8. Dampferzeuger (1) gemäß einem der Ansprüche 5 bis 7, wobei im Sockel (20) zwischen Gehäuse (2) und Vorwärmabschnitt (21) des Strömungskanals eine Silizium-Carbid-Sand-Schicht (22) vorgesehen ist.

9. Dampferzeuger (1) gemäß einem der Ansprüche 5 bis 8, wobei der Querschnitt des Strömungskanals in dem Vorwärmabschnitt (21) konstant ist.

10. Dampferzeuger (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Querschnitt des Strömungskanals an einem Einlass (6) des Abschnitts

des Strömungskanals, der in dem Gehäuse (2) angeordnet ist, größer ist als an dem Auslass (7) des Abschnitts des Strömungskanals, der in dem Gehäuse (2) angeordnet ist.

11. Dampferzeuger (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Strömungskanal mehrere U-förmige Rohrwicklungen (10) aufweist.

12. Dampferzeuger (1) gemäß einem der Ansprüche 5 bis 11, wobei

der Strömungskanal mehrere U-förmige Rohrwicklungen (10) aufweist, und die U-förmigen Rohrwicklungen (10) in dem Vorwärmabschnitt (21) und/oder dem Abschnitt des Strömungskanals, der in dem Gehäuse (2) angeordnet ist, vorgesehen sind.

13. Dampferzeuger (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Dampferzeuger (1) mehrere der Strömungskanäle aufweist, die parallel zueinander von dem Wärmetauschfluid durchströmbar sind.

14. Dampferzeuger (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Salzbad ein Nitratsalz, bevorzugt Kalium-Natrium-Nitrat, aufweist.

15. Dampferzeuger (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Wärmetransfermedium mindestens das erste Wärmetauschelement (3) und das zweite Wärmetauschelement (4) bedeckt.

Claims

1. Steam generator (1), comprising:

a housing (2);
a flow channel through which a heat exchange fluid, preferably smoke gas, can flow from an inlet of the flow channel to an outlet of the flow channel,
wherein at least one portion of the flow channel is arranged in the housing (2) as the first heat exchange element (3);
at least one second heat exchange element (4) which is arranged in the housing (2) and through which water can flow for the generation of steam,
a heat transfer medium which is arranged in the housing (2) in order to transmit heat from the heat exchange fluid flowing through the flow channel to the water flowing through the second heat exchange element (4) for the generation of steam,
wherein the heat transfer medium is a salt bath,
characterised in that

the cross-section of the flow channel at the inlet of the flow channel is larger than at the outlet of the flow channel.

5 2. Steam generator (1) according to any one of the preceding claims, wherein the housing (2) is formed from stainless steel.

10 3. Steam generator (1) according to claim 1 or 2, wherein the first heat exchange element (3) comprises a ceramic coating, preferably consisting of calcium aluminate, at least in a portion at the inlet (6) of the housing (2).

15 4. Steam generator (1) according to claim 3, wherein
the ceramic coating is provided on an inner face of the first heat exchange element (3), and ribs, preferably steel ribs, which extend into the interior of the housing are provided at least in the region of the ceramic coating, preferably over the entire extent of the first heat exchange element (3) on the outside of the first heat exchange element (3).

25 5. Steam generator (1) according to any of the preceding claims, wherein the housing (2) is supported on a base (20),

30 wherein the flow channel comprises a preheating portion (21) which is arranged in the base (20), and
wherein the steam generator (1) is designed such that the heat exchange fluid initially flows through the preheating portion (21) of the flow channel and then through the portion of the flow channel that is arranged in the housing (2) as the first heat exchange element (3).

40 6. Steam generator (1) according to claim 5, wherein
the base (20) is formed from concrete, and/or the preheating portion (21) of the flow channel is formed from ceramic, preferably calcium aluminate.

45 7. Steam generator (1) according to claim 5 or 6, wherein the wall thickness of the preheating portion (21) decreases along the direction of extent thereof.

50 8. Steam generator (1) according to any one of claims 5 to 7, wherein a silicon-carbide-sand layer (22) is provided between the housing (2) and the preheating portion (21) of the flow channel.

55 9. Steam generator (1) according to any one of claims 5 to 8, wherein the cross-section of the flow channel is constant in the preheating portion (21).

10. Steam generator (1) according to any one of the preceding claims, wherein the cross-section of the flow channel at an inlet (6) of the portion of the flow channel that is arranged in the housing (2) is larger than at the outlet (7) of the portion of the flow channel that is arranged in the housing (2). 5
11. Steam generator (1) according to any one of the preceding claims, wherein the flow channel comprises multiple U-shaped pipe coils (10). 10
12. Steam generator (1) according to any one of claims 5 to 11, wherein
- the flow channel comprises multiple U-shaped pipe coils (10), and 15
- the U-shaped pipe coils (10) are provided in the preheating portion (21) and/or in the portion of the flow channel that is arranged in the housing (2). 20
13. Steam generator (1) according to any one of the preceding claims, wherein the steam generator (1) comprises a plurality of the flow channels, through which the heat exchange fluid can flow parallel to one another. 25
14. Steam generator (1) according to any one of the preceding claims, wherein the salt bath comprises a nitrate salt, preferably potassium sodium nitrate. 30
15. Steam generator (1) according to any one of the preceding claims, wherein the heat transfer medium covers at least the first heat exchange element (3) and the second heat exchange element (4). 35

Revendications

1. Générateur de vapeur (1) présentant : 40
- un boîtier (2) ;
- un canal d'écoulement qui peut être traversé, depuis une entrée du canal d'écoulement jusqu'à une sortie du canal d'écoulement, par un fluide d'échange de chaleur, de préférence du gaz de fumée, 45
- dans lequel au moins une section du canal d'écoulement est disposée sous la forme d'un premier élément d'échange de chaleur (3) dans le boîtier (2) ; 50
- au moins un deuxième élément d'échange de chaleur (4) disposé dans le boîtier (2), qui peut être traversé par de l'eau pour la génération de vapeur, 55
- un milieu de transfert de chaleur qui est disposé dans le boîtier (2) pour transférer de la chaleur du fluide d'échange de chaleur s'écoulant à travers le canal d'écoulement à l'eau qui s'écoule à travers le deuxième élément d'échange de chaleur (4), pour la génération de vapeur, dans lequel le milieu de transfert de chaleur étant un bain de sel, **caractérisé en ce que** la section transversale du canal d'écoulement est plus grande au niveau de l'entrée du canal d'écoulement qu'au niveau de la sortie du canal d'écoulement.
2. Générateur de vapeur (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le boîtier (2) est formé en acier spécial.
3. Générateur de vapeur (1) selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans lequel le premier élément d'échange de chaleur (3) présente au moins dans une section au niveau de l'entrée (6) du boîtier (2) une enveloppe de céramique, de préférence d'aluminate de calcium.
4. Générateur de vapeur (1) selon la revendication 3, dans lequel
- l'enveloppe de céramique est prévue au niveau d'un côté intérieur du premier élément d'échange de chaleur (3), et au moins dans la zone de l'enveloppe de céramique, de préférence sur l'étendue entière du premier élément d'échange de chaleur (3), au niveau du côté extérieur du premier élément d'échange de chaleur (3), des nervures, de préférence des nervures d'acier, sont prévues, lesquelles s'étendent à l'intérieur du boîtier.
5. Générateur de vapeur (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le boîtier (2) est en appui sur un socle (20), dans lequel le canal d'écoulement présente une section de préchauffage (21) qui est disposée dans le socle (20), et dans lequel le générateur de vapeur (1) est configuré de sorte que le fluide d'échange de chaleur s'écoule tout d'abord à travers la section de préchauffage (21) du canal d'écoulement et ensuite à travers la section disposée dans le premier élément d'échange de chaleur (3) dans le boîtier (2) du canal d'écoulement.
6. Générateur de vapeur (1) selon la revendication 5, dans lequel
- le socle (20) est formé en béton, et/ou la section de préchauffage (21) du canal d'écoulement est formée en céramique, de préférence en aluminate de calcium.

7. Générateur de vapeur (1) selon la revendication 5 ou la revendication 6, dans lequel l'épaisseur de paroi de la section de préchauffage (21) diminue le long de son sens d'étendue. 5
8. Générateur de vapeur (1) selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, dans lequel une couche de sable de carbure de silicium (22) est prévue dans le socle (20) entre le boîtier (2) et la section de préchauffage (21) du canal d'écoulement. 10
9. Générateur de vapeur (1) selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, dans lequel la section transversale du canal d'écoulement est constante dans la section de préchauffage (21). 15
10. Générateur de vapeur (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la section transversale du canal d'écoulement au niveau d'une entrée (6) de la section du canal d'écoulement qui est disposée dans le boîtier (2), est plus grande qu'au niveau de la sortie (7) de la section du canal d'écoulement qui est disposée dans le boîtier (2). 20
11. Générateur de vapeur (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le canal d'écoulement présente plusieurs enroulements tubulaires (10) en forme de U. 25
12. Générateur de vapeur (1) selon l'une quelconque des revendications 5 à 11, dans lequel
le canal d'écoulement présente plusieurs enroulements tubulaires (10) en forme de U, et
les enroulements tubulaires (10) en forme de U sont prévus dans la section de préchauffage (21) et/ou la section du canal d'écoulement qui est disposée dans le boîtier (2). 30
35
13. Générateur de vapeur (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le générateur de vapeur (1) présente plusieurs des canaux d'écoulement qui peuvent être traversés parallèlement les uns aux autres par du fluide d'échange de chaleur. 40
45
14. Générateur de vapeur (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le bain de sel présente un sel de nitrate, de préférence du nitrate de potassium-sodium. 50
15. Générateur de vapeur (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le milieu de transfert de chaleur recouvre au moins le premier élément d'échange de chaleur (3) et le deuxième élément d'échange de chaleur (4). 55

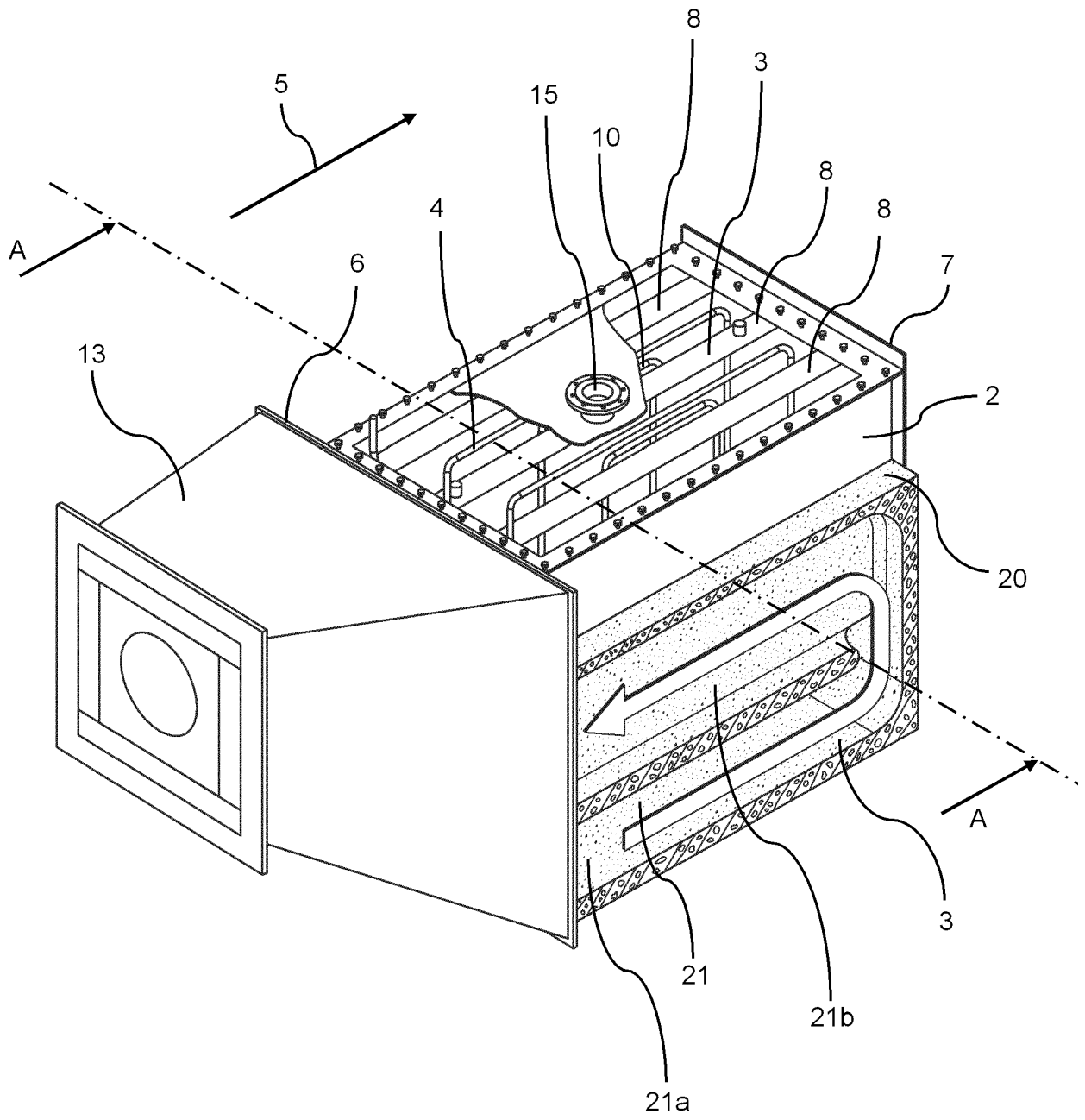
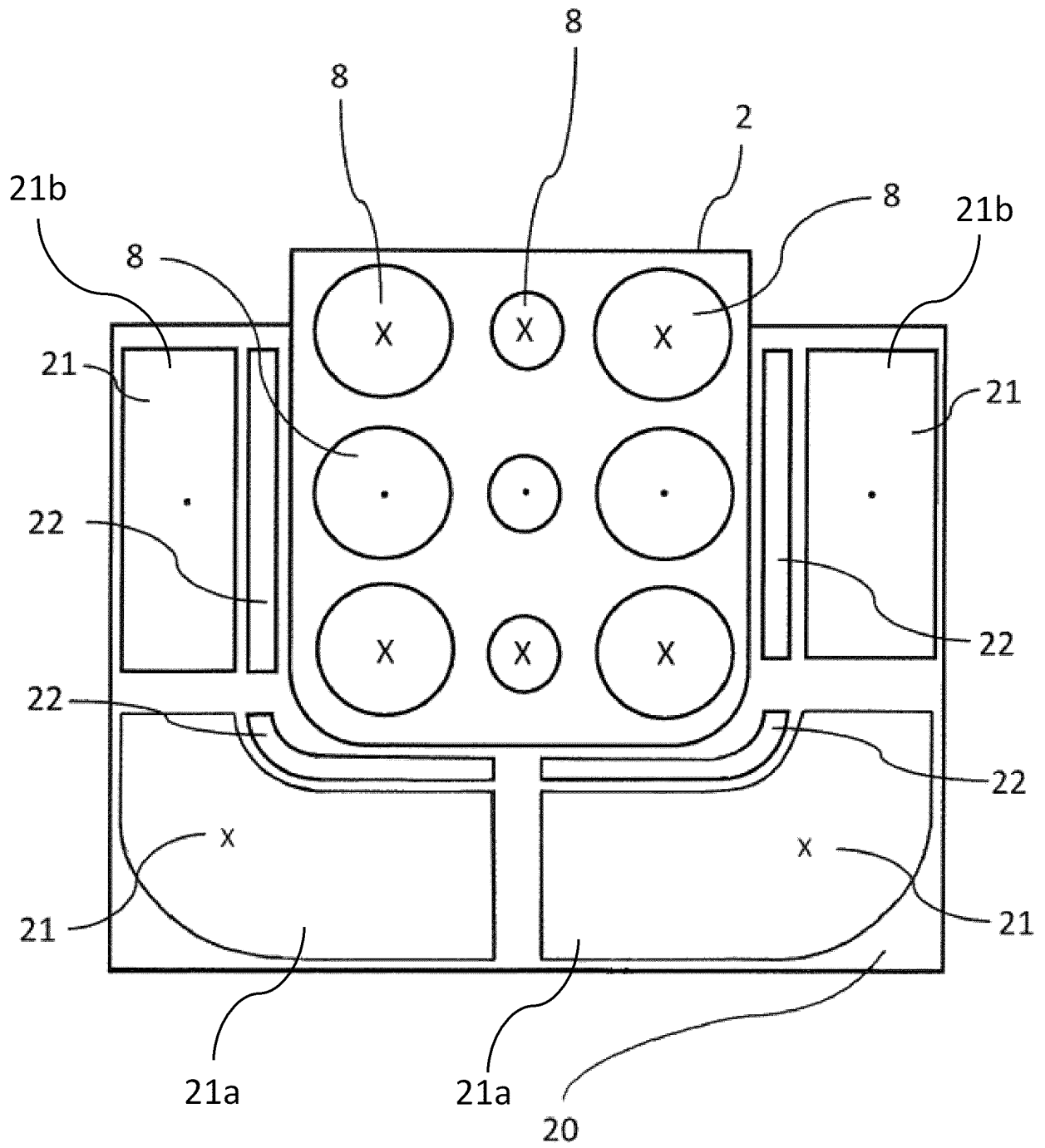


Fig. 1

Fig.2



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102010046804 A1 **[0004]**
- US 5307802 A **[0005]**
- DE 202007017403 U1 **[0008]**
- US 2012067551 A1 **[0015]**