

(19)



(11)

EP 2 804 698 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
02.09.2020 Patentblatt 2020/36

(51) Int Cl.:
B04C 5/08 ^(2006.01) **B04C 5/14** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12810153.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2012/075099

(22) Anmeldetag: **11.12.2012**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2013/107568 (25.07.2013 Gazette 2013/30)

(54) **ZYKLON ZUR TRENNUNG DER FLÜSSIGKEITSPHASE VON EINEM ÜBERSÄTTIGTEN GASSTROM**

CYCLONE FOR SEPARATION OF A LIQUID PHASE FROM A SATURATED GAS FLOW

CYCLONE POUR LA SÉPARATION D'UNE PHASE LIQUIDE ET D'UN FLUX DE GAS SATURÉ

(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

(72) Erfinder: **HOYER, Klaus**
CH-5400 Baden (CH)

(30) Priorität: **19.01.2012 EP 12151813**

(74) Vertreter: **Fischer, Michael**
Siemens AG
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.11.2014 Patentblatt 2014/48

(56) Entgegenhaltungen:
DE-B- 1 292 479 DE-U1- 20 013 046
FR-A1- 2 471 815 GB-A- 1 252 228

(73) Patentinhaber: **Paul Scherrer Institut**
5232 Villigen PSI (CH)

EP 2 804 698 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

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Zyklon zur Trennung der Flüssigkeitsphase von einem übersättigten Gasstrom wie zum Beispiel aus der GB 1 252 228 A bekannt.

[0002] Viele industrielle Anwendungen und technische Prozesse verlangen eine präzise und dynamische Bereitstellung eines gesättigten Gasgemisches ohne flüssiges Kondensat. Ohne Einschränkung der Gültigkeit auf andere Flüssig/Gas-Gemische, wird der Kontrolle der Wasserdampf-Sättigung in vielen industriellen Anwendungen eine herausragende Rolle zuteil. Anwendungen sind z.B. für das "Gas Conditioning" bei Brennstoffzellen oder für eine sauberere Diesel-Verbrennung erfolgversprechend. Weitere z.B. energiesparende Anwendungen finden sich z.B. in der Kontrolle der Luftfeuchtigkeit für Gebäude und Wohnräume.

[0003] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung anzugeben, die es ermöglicht, den Flüssigkeitsanteil in einem gesättigten Gasgemisch sicher ausscheiden zu können.

[0004] Eine erfindungsgemässe Lösung hierzu wird durch einen Zyklon gemäß Anspruch 1 erreicht.

[0005] Vorteilhafte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung können sich durch eine oder mehrere der nachfolgend genannten Massnahmen ergeben, wenn:

- i) der Einsatz im stationären Betrieb teilweise in der abzutrennenden Flüssigkeit eingetaucht ist;
- ii) der Einsatz so ausgestaltet ist, dass eine mechanische Stabilität bei relativem Unterdruck oder bei relativem Überdruck gewährleistet ist und/oder eine thermische Stabilität bei gegenüber Raumtemperatur unterkühltem oder überhitztem Zustand gewährleistet ist, und/oder die Stabilität bei einer Kombination aus mechanischer und thermischer Belastung gewährleistet ist;
- iii) ein Wechsel des vorgeformten Einsatzes durch Öffnen einer Verbindung ermöglicht ist;
- iv) ein Füllstandssensor im Bereich unterhalb des Einsatzes vorgesehen ist;
- v) in Verbindung mit dem Signal des Füllstandssensors ein Aktuator ein Ablass-Ventil öffnet bzw. schliesst;
- vi) eine Wärmeisolation um den Zyklon und/oder die Leitungen zur Gewährleistung eines gewünschten Abscheidungsgrades vorgesehen ist; und
- vii) eine Heizung und/oder Kühlung des Zyklons und/oder der Leitungen zur Gewährleistung eines gewünschten Abscheidungsgrades vorgesehen ist.

[0006] Der Hauptvorteil der beschriebenen Erfindung liegt in der möglichen Erhöhung der zulässigen Gasgeschwindigkeit ohne Gefahr zu laufen, Flüssigkeit von der Wand wieder in den Gasstrom einzumischen. Dieser neue Freiheitsgrad erlaubt nicht nur die Anlagengrösse weiter zu minimieren, sondern verspricht dadurch auch eine weite Skalierbarkeit. Da von einem übersättigten oder "nassen" Zustrom ausgegangen wird, unterliegen zulässige Werte für Temperatur und Druck der Zuströmung nur der Auslegung, d.h. die Methode bzw. der Zyklon sind sowohl bei atmosphärischen als auch erhöhtem Druck bez. Temperatur anwendbar.

[0007] Eine mögliche Methode zur Bereitstellung der übersättigten Zuströmung liegt in der Direkteindüsung der zu verdampfenden Flüssigkeit im Oberstrom. Das a-priori Wissen des verdampfenden Massenstroms in Abhängigkeit von Druck, Temperatur und Durchsatz erlaubt hierbei eine präzise Steuerung der Übersättigung.

[0008] In der einzigen Figur wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel für einen Zyklon beschrieben, der von einem übersättigten Flüssigkeits-Gas-Gemisch 1 eine flüssigkeitsfreie, gesättigte Gasphase 2 trennt, indem die Wiedereinmischung (engl. Re-entrainment) der zentrifugierten flüssigen Filmströmung 5a entlang der Zyklonwand mittels eines Einsatzes 4 aus porösen Material unterbunden wird. Dieses Material wird der Flüssigkeit gemäss ausgewählt, so dass ein stets negativer Kapillardruck im teilgesättigten Bereich 4a, nahe eines Steigrohr-Einlasses 2a, das Re-entrainment der flüssigen Phase durch die hohen Scherkräfte der Gasströmung verhindert. Innerhalb des porösen Einsatzes wird sich mit der Zeit ein mit Flüssigkeit gesättigter Bereich 4b bilden. Die Trennfläche zwischen den zwei Bereichen 4a und 4b stellt sich gemäss den Fließgesetzen für poröse Medien als Funktion der Schwerkraft, Geometrie, Porosität und Volumenstroms ein. Die Flüssigkeit 5b fliesst aus dem gesättigten Bereich 4b, 4c ab und sammelt sich in einem Volumen unterhalb des Einsatzes 4. Der poröse Zapfen 4c kommuniziert dabei mit der gesammelten Flüssigkeit und erlaubt die Grenzflächenspannung zu überwinden. Eine Messung der akkumulierten Flüssigkeitsmenge 5b erlaubt ein prozessgesteuertes Öffnen eines Ablasshahnes 6 und damit ein Ablassen der Flüssigkeit 3. Damit wird sichergestellt, dass immer ein teilgesättigter Bereich 4a des porösen Einsatzes 4 existiert und somit die Wiedereinmischung von Flüssigkeit unterbunden wird.

[0009] Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass als Flüssigkeitsabsorber erstmals ein poröser und flüssigkeitsliebender, vorgeformter, 3-dimensionaler Volumeneinsatz benutzterden kann, um die bereits abgetrennte und überschüssige Flüssigkeit vom Prozess zu entfernen. Im Gegensatz dazu existieren bereits z.B. 2-dimensionale Membranen, die neben geringer mechanischer Belastbarkeit auch wenig Speicherkapazität und Fließquerschnitt aufweisen und daher Gefahr laufen einen Flüssigkeitsfilm auf der Oberfläche aufzubauen, der wiederum von den turbulenten Scherkräften der Gasströmung abgelöst werden kann.

Patentansprüche

1. Zyklon zur Trennung der Flüssigkeitsphase von einem übersättigten Gasstrom mit einem Einlass (1) und einem Steigrohr mit einem Steigrohrreinlass (2a) und einem als Flüssigkeitssenke vorgesehenen Einsatz (4),
dadurch gekennzeichnet, dass
 der Einsatz (4) als poröser 3-dimensionaler Bereich als Flüssigkeitssenke vorgesehen ist und vorgeformt ausgeführt ist, wobei:
 - a) der Einsatz (4) ein Material mit benetzenden Eigenschaften gegenüber der abzutrennenden Flüssigkeit umfasst, und
 - b) die Porosität und/oder Schichtung und/oder Formgebung an die Dynamik des übersättigten Gasstroms und die abzutrennende Flüssigkeitsmenge in einer Weise angepasst ist, dass sich mit Bezug auf die abzutrennende Flüssigkeit ein stets negativer Kapillardruck in einem teilgesättigten Bereich (4a) nahe des Steigrohr-Einlasses (2a) einstellt um im Bereich des Steigrohr-Einlasses (2a) einen ungesättigten Porenraum sicherzustellen; und
 - c) ein stetiger Abfluss der kumulierenden Flüssigkeit im gesättigten Porenraum vorgesehen ist.
2. Zyklon nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
 der Einsatz im stationären Betrieb teilweise in der abzutrennenden Flüssigkeit eingetaucht ist.
3. Zyklon nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
 der Einsatz so ausgestaltet ist, dass eine mechanische Stabilität bei relativem Unterdruck oder bei relativem Überdruck gewährleistet ist.
4. Zyklon nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 der Einsatz so ausgestaltet ist, dass eine thermische Stabilität bei gegenüber Raumtemperatur unterkühltem oder überhitztem Zustand gewährleistet ist.
5. Zyklon nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 ein Wechsel des vorgeformten Einsatzes durch Öffnen einer Verbindung ermöglicht ist.
6. Zyklon nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 ein Füllstandssensor im Bereich unterhalb des Einsatzes vorgesehen ist.
7. Zyklon nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass

in Verbindung mit dem Signal des Füllstandssensors ein Aktuator ein Ablass-Ventil öffnet bzw. schliesst.

8. Zyklon nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass eine Wärmeisolation um den Zyklon und/oder die Leitungen zur Gewährleistung eines gewünschten Abscheidungsgrades vorgesehen ist.
9. Zyklon nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 eine Heizung und/oder Kühlung des Zyklons und/oder der Leitungen zur Gewährleistung eines gewünschten Abscheidungsgrades vorgesehen ist.

Claims

1. Cyclone for separating the liquid phase from a supersaturated gas stream with an inlet (1) and a riser pipe with a riser pipe inlet (2a) and an insert (4) provided as a liquid drain,
characterised in that
 the insert (4) is provided and is designed such that it is preformed as a porous, three-dimensional region acting as a liquid drain, wherein:
 - a) the insert (4) comprises a material with wetting properties with respect to the liquid to be separated, and
 - b) the porosity and/or stratification and/or shaping is adapted to the dynamics of the supersaturated gas stream and the amount of liquid to be separated in such a way that, with regard to the liquid to be separated, a constantly negative capillary pressure ensues in a partially saturated region (4a) close to the riser pipe inlet (2a), in order to ensure an unsaturated pore space in the region of the riser pipe inlet (2a); and
 - c) a constant outflow of the accumulating liquid is provided in the saturated pore space.
2. Cyclone according to claim 1,
characterised in that,
 in stationary operation, the insert is partially immersed in the liquid to be separated,
3. Cyclone according to claim 1 or 2,
characterised in that
 the insert is embodied such that a mechanical stability is ensured during relative negative pressure or during relative positive pressure.
4. Cyclone according to one of the preceding claims,
characterised in that
 the insert is embodied such that a thermal stability is ensured in a state which is supercooled or superheated compared to room temperature.

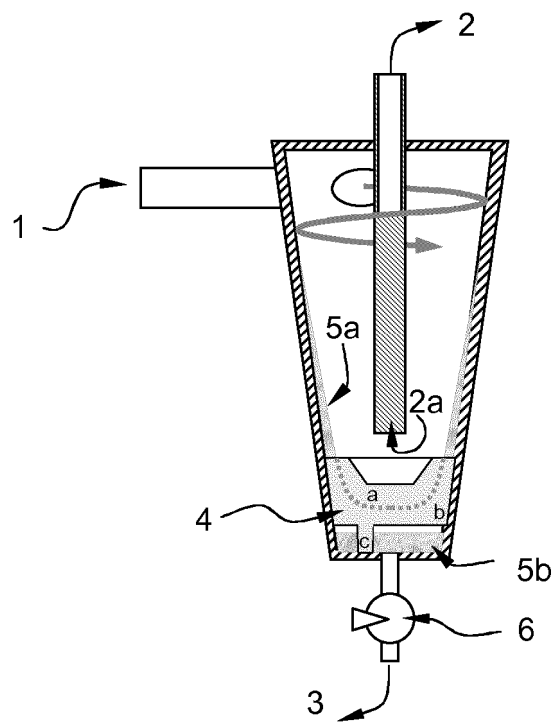
5. Cyclone according to one of the preceding claims, **characterised in that** a switch in the preformed insert is enabled by opening a connection.
6. Cyclone according to one of the preceding claims, **characterised in that** a fill level sensor is provided in the region below the insert.
7. Cyclone according to claim 6, **characterised in that**, in conjunction with the signal of the fill level sensor, an actuator opens or closes a release valve.
8. Cyclone according to one of the preceding claims, **characterised in that** a thermal insulation around the cyclone and/or the lines is provided, in order to ensure a desired degree of separation.
9. Cyclone according to one of the preceding claims, **characterised in that** a heating and/or cooling of the cyclone and/or the lines is provided, in order to ensure a desired degree of separation.

Revendications

1. Cyclone pour la séparation de la phase liquide d'un flux de gaz sursaturé avec une entrée (1) et un tube montant avec une entrée de tube montant (2a) et un insert (4) prévu sous la forme d'un drain de liquide, **caractérisé en ce que** l'insert (4) est prévu sous la forme d'un drain de liquide sous la forme d'une zone tridimensionnelle poreuse et est réalisé sous forme préformée, dans lequel :
 - a) l'insert (4) comporte un matériau avec des propriétés mouillantes à l'égard du liquide à séparer, et
 - b) la porosité et/ou la stratification et/ou le formage sont adaptés à la dynamique du flux de gaz sursaturé et la quantité de liquide à séparer d'une manière telle qu'une pression capillaire constamment négative s'ajuste par rapport au liquide à séparer dans une zone partiellement saturée (4a) à proximité de l'entrée de tube montant (2a) afin d'assurer un volume des pores non saturés dans la zone de l'entrée de tube montant (2a) ; et
 - c) un écoulement constant du liquide cumulé est prévu dans le volume des pores saturés.
2. Cyclone selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'insert, en fonctionnement stationnaire,

est immergé en partie dans le liquide à séparer.

3. Cyclone selon la revendication 1 ou la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'insert est conçu de telle sorte qu'une stabilité mécanique soit garantie en dépression relative ou en surpression relative.
4. Cyclone selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'insert est conçu de telle sorte qu'une stabilité thermique soit garantie dans un état sous-refroidi ou surchauffé par rapport à la température ambiante.
5. Cyclone selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** changement de l'insert préformé est permis par ouverture d'une communication.
6. Cyclone selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** capteur de niveau de remplissage est prévu dans la zone au-dessous de l'insert.
7. Cyclone selon la revendication 6, **caractérisé en ce qu'en** liaison avec le signal du capteur de niveau de remplissage, un actionneur ouvre ou ferme un robinet de purge.
8. Cyclone selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'une** isolation thermique est prévue autour du cyclone et/ou des conduites pour la garantie d'un degré d'élimination souhaité.
9. Cyclone selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** chauffage et/ou refroidissement du cyclone et/ou des conduites est prévu pour la garantie d'un degré d'élimination souhaité.



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

- GB 1252228 A [0001]