

Tentamen Octrooigemachtigden

Tentamen “Opstellen van een octrooiaanvraag” (deel A)

elektrotechniek/werktuigkunde

7 oktober 2019

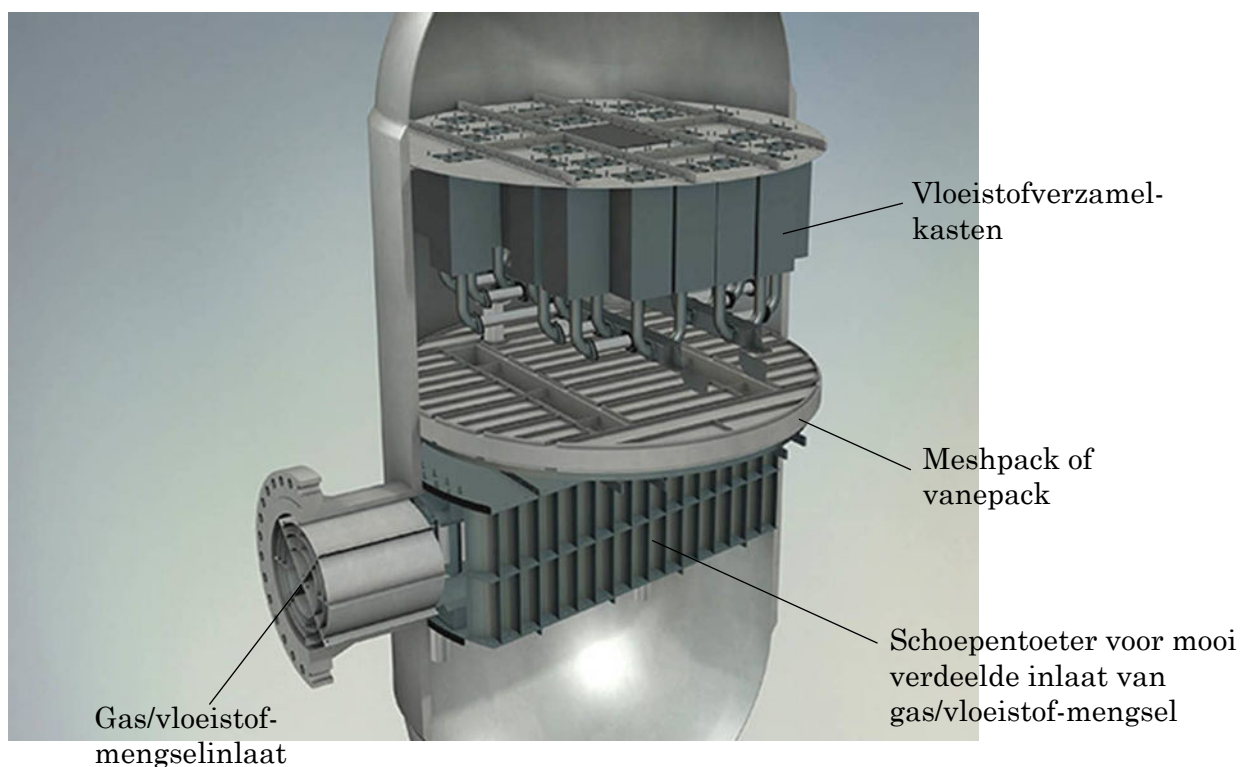
13.30 – 17.30 uur

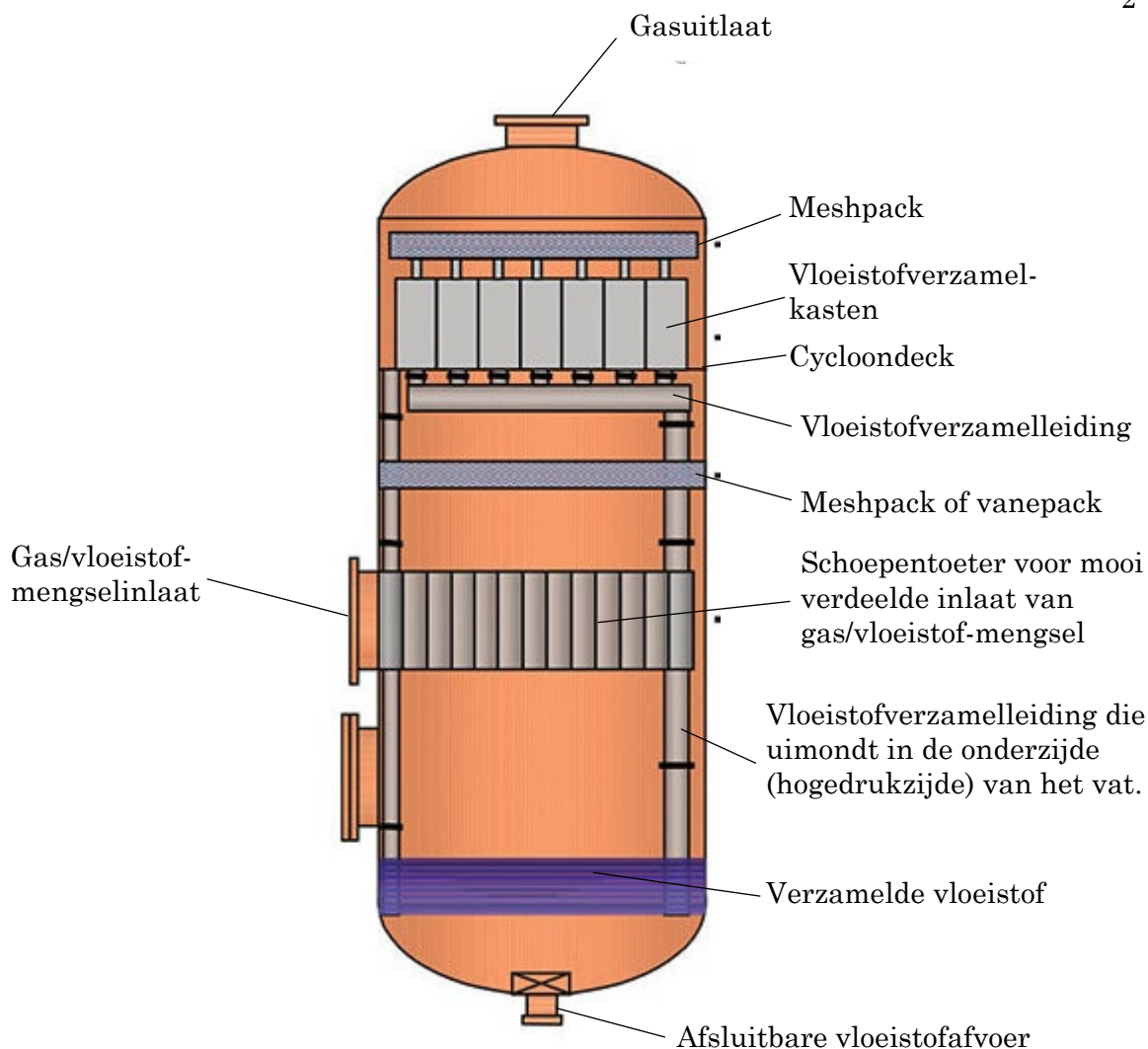
TENTAMENOPGAVE “OPSTELLEN VAN EEN OCTROOIAANVRAAG”(A) E/W 2019**CYCLOONSEPARATOR**

Uw cliënt is een producent van kunststof apparaten voor het scheiden van vloeistof en gassen. Bijvoorbeeld bij de winning van natuurlijk gas komt het vaak voor dat in het gas zich tevens vloeistof bevindt. In feite wordt een soort gasmist gewonnen. Alvorens dit verder verwerkt kan worden, dient de vloeistof van het gas te worden

5 gescheiden. Het gas staat onder druk en wordt door drukvaten geleid waarin de scheidingsapparatuur is opgenomen, daarbij kan gedacht worden aan vanepack demisters, meshpack demisters maar ook cyclonic demisters. Onderdeel van een cyclonic demistor vormt een aantal cycloonseparators. De cycloonseparators zijn opgenomen in zogenaamde vloeistofverzamelkasten en die zijn op hun beurt weer zijn opgenomen in

10 het eerder genoemde drukvat. Twee voorbeelden van een dergelijk drukvat zijn hieronder afgebeeld.





Uw cliënt heeft een nieuwe cycloonseparator ontwikkeld met een verbeterde scheidingsefficiëncy. Uw cliënt gaf onderstaande beschrijving van de door hem ontwikkelde cycloonseparator.

Opdracht

Uw cliënt heeft op dit moment slechts budget voor een enkele Nederlandse octrooiaanvraag, maar verwacht binnen een jaar een beduidend ruimer budget te verkrijgen, hoewel dit enigszins onzeker is. De cliënt wil volledige dekking door de aanvraag. Indien u van mening bent dat er niet-eenheid is, wordt van u verwacht dat door middel van de octrooiaanvraag basis is gecreëerd voor het verkrijgen van volledige bescherming ook al leidt dat tot een aanvraag met een niet-eenheidsprobleem.

Beschrijving van de cliënt

In mijn eerdere octrooiaanvraag EP 1 147 799 A1 is een cycloonseparator beschreven. Ik raad u aan om, voordat u de hierna volgende figuurbeschrijving leest, eerst kennis te nemen van deze publicatie, zodat u uw herinnering ten aanzien van de cycloonseparatorotechniek even opfrist. Voor de duidelijkheid, bij cycloonseparatoren is het wervellichaam (E. swirl body) stationair in de buis opgesteld. Het langsstromende mistvormige gas/vloeistof-mengsel wordt door het wervellichaam een spiraliserende beweging opgelegd waardoor de druppeltjes onder invloed van de centrifugaalkracht tegen de binnenwand van de buis van de cycloonseparator worden geslingerd. De bekende cycloonseparator is voorzien van meerdere in axiale richting verlopende spleetopeningen. Verder is de bekende cycloon ten behoeve van het creëren van een secundaire gasstroom, ook wel recirculatie-gasstroom voorzien van een stroomopwaarts van het wervellichaam gelegen in de buismantelwand aangebrachte, secundaire gasinlaatopening die via een recirculatiegasleiding is verbonden met een kamer in een kern van het wervellichaam, welke kamer is voorzien van een aantal secundair of recirculatiegas-uitstroomopeningen die zich bij voorkeur bevinden tussen, op de kern van het wervellichaam aangebrachte wervelbladen. Deze secundaire gasinlaatopening en secundaire gasuitstroomopeningen resulteren in een secundaire of recirculatie gasstroom die via de spleetopeningen uit de buis treedt en via de secundaire gasinlaatopening, de secundaire gasleiding, de kamer in het wervellichaam en de secundaire gasuitstroomopeningen weer in de buis belandt. Het doel van de secundaire of recirculatie-gasstroom is het bevorderen van het meesleuren van vloeistof door de spleetopeningen.

In de praktijk blijkt dat niet door elke spleetopening evenveel secundair gas stroomt. Als gevolg hiervan verschilt de vloeistofafscheiding per spleet. Bovendien varieert de hoeveelheid doorstromend secundair gas per spleetopening in de tijd, zodat zich een instabiel afscheidingsgedrag voordoet, hetgeen ongewenst is. De kwaliteit van de bekende cycloonseparatoren wordt bepaald door de afscheidingsefficiëntie van de minst optimaal functionerende spleetopening van die cycloonseparator.

Een ander bezwaar van de bekende cycloonseparator is de relatief ingewikkelde constructie van het wervellichaam en de recirculatieleiding. Dit maakt de bekende cycloonseparator kostbaar om te vervaardigen.

Ik heb thans een nieuwe cycloonseparator ontwikkeld die relatief eenvoudig is te vervaardigen en die beschikt over een verbeterde scheidingsefficiëncy. Ik zal mijn nieuwe cycloonseparator hierna beschrijven aan de hand van de volgende, hierbij gevoegde figuren:

- 5 Figuur 1 toont een perspectivisch zijaanzicht van een cycloonseparator;
 figuur 2 toont een soortgelijk aanzicht dat gedeeltelijk is opengewerkt, zodat
 het wervellichaam zichtbaar is;
 figuur 3 toont een perspectiefaanzicht van het wervellichaam;
 figuur 4 toont een doorsnede-aanzicht van het wervellichaam;
 10 figuur 5 toont een perspectiefaanzicht van een vloeistofverzamelkast die
 gedeeltelijk is opengewerkt zodat daarin één van de cycloonseparatoren zichtbaar is;
 figuur 6 toont een grafiek waarin de scheidingsefficiency van een drietal
 recirculatiecyclonen is weergegeven; en
 figuur 7 toont een grafiek waarin de scheidingsefficiency van een tweetal niet-
 15 recirculatie-cyclonen is weergegeven.

 Figuren 1 en 2 tonen duidelijk dat de cycloonseparator 1 een buis 2 omvat met
 een axiale instroomopening 3 en een axiale uitstroomopening 4. In figuur 2, waarin de
 onderzijde van de buis 2 gedeeltelijk is opengewerkt, is tevens duidelijk zichtbaar dat in
 de buis 2 nabij een stroomopwaarts uiteinde daarvan een wervellichaam 5 is opgesteld.
 20 Het wervellichaam 5 omvat een kern 6 en wervelbladen 7. Stroomafwaarts van het
 wervellichaam 5 is de buis 2 voorzien van een enkele spiraalvormige spleetopening 8.

 De gas/vloeistof-stroom die via de axiale instroomopening 3 in de buis 2 treedt,
 passeert het wervellichaam 5 en wordt door de wervelbladen 7 in een spiraliserende
 beweging gebracht. Als gevolg van de spiraliserende beweging wordt er op de zich in de
 25 gas/vloeistof-stroom bevindende vloeistofdruppeltjes een centrifugaalkracht uitgeoefend
 die ervoor zorgt dat de vloeistofdruppeltjes naar buiten worden geslingerd en tegen de
 binnenwand van de buis 2 slaan. Op deze buisbinnenwand verzamelen zich zoveel
 vloeistofdruppeltjes dat zich daar een vloeistoffilm zal vormen die door de spiraliserende
 gas/vloeistof - stroom over de buisbinnenwand wordt meegesleurd totdat de film de
 30 spiraalvormige spleetopening 8 bereikt en aldaar naar buiten zal worden gesleurd door
 het tevens naar buiten stromende gas. Aldus treedt een vloeistof/gas-scheiding op en
 treedt er gedroogd gas uit de axiale uitstroomopening 4.

Zowel zogenaamde CFD-studies (computer fluid dynamics) als praktijktesten hebben aangetoond dat met één spiraalvormige spleetopening een veel betere scheidingsefficiency wordt verkregen. Bovendien treedt geen variatie van scheidingsefficiency in de tijd meer op. Doordat er sprake is van slechts één spiraliserende spleet, vormt het binnenoppervlak van de buis een prachtig coalescentievlak waarop de kleine vloeistofdruppeltjes die zich in de gasstroom bevinden neerslaan en zich samenballen tot een vloeistoffilm. Deze vloeistoffilm wordt met de spiraliserende gasstroom meegesleurd naar de spiraalvormige spleetopening en treedt daar naar buiten. Doordat er slechts één spleet is, heerst in de spleet een aanzienlijke hogere gasuitstroomsnelheid dan met meerdere spleten, zodat de vloeistof door het door de spleet stromende gas van de spleet beter wordt losgetrokken. Aldus wordt een zeer hoge scheidingsefficiency bewerkstelligd.

Bij voorkeur roteert de spiraal van de spleetopening rechtsom rond de hartlijn van de buis, terwijl, in gebruik, de spiraliserende gasstroom in de buis linksom rond hartlijn van de buis roteert of vice versa.

Als gevolg van de tegengestelde spoedrichting van de spleetopening en van de spiraliserende stroom wordt de scheidingsefficiency nog verder vergroot. Uit diverse CFD-studies blijkt dat een optimale scheiding wordt verkregen wanneer de spiraalvormige spleetopening zich over in hoofdzaak 180 graden rond het buisoppervlak uitstrekt. Daarbij ligt de spoedhoek bij voorkeur in het bereik van 30-60 graden, meer in het bijzonder bedraagt deze ongeveer 45 graden.

Aangezien de cycloonseparatoren 1, zoals weergegeven in figuur 5, zijn opgesteld in een vloeistofverzamelkast 11 die afgezien van een vloeistofafvoer 12 gesloten is, is het via de spleetopening 8 naar buiten, dat wil zeggen in de vloeistofverzamelkast 11 getreden secondaire gas op een gegeven moment gedwongen om weer in de buis 2 te treden. Immers, indien dit terugtreden niet zou plaatsvinden, zou in de vloeistofverzamelkast 11 een overdruk gaan heersen, welke overdruk zou verhinderen dat er nog secundair gas uit de spleetopening 8 naar buiten zou treden. En als er al secundair gas uit de spleetopening 8 naar buiten zou treden, dan zou dit ook weer via de spleetopening 8 naar binnen moeten treden. Daarbij zou dan vrij gemakkelijk weer vloeistof via de spleetopening 8 mee terug in de buis 2 kunnen worden gebracht, hetgeen in hoge mate ongewenst is omdat de cycloonseparator nu juist bedoeld is voor het afscheiden van vloeistof van de door de buis 2 stromende gas/vloeistofstroom.

Dit probleem doet zich overigens ook voor bij de bekende cyclonen met meerdere axiale spleetopeningen zoals beschreven in EP 1 147 799 A1. Bij de bekende cycloonseparator was ter oplossing van dit probleem de eerder genoemde recirculatieleiding voorzien waarmee het secundaire gas weer in het buisinwendige wordt teruggevoerd en waarmee
5 een lagere druk in de vloeistofverzamelkasten in stand wordt gehouden dan de in de buis heersende druk ter plaatse van de spleetopeningen.

In plaats van de recirculatie zoals beschreven in EP 1 147 799 A1 heb ik een andere oplossing bedacht. Deze andere oplossing is niet alleen toepasbaar bij de enkele spiraliserende spleet, maar ook bij de conventionele cycloonseparatoren met meerdere
10 axiale spleten in de buiswand.

Teneinde het verschijnsel van backflow via de spleetopening te verhinderen, kan in de mantelwand van de buis, stroomafwaarts van de ten minste ene spleetopening, ten minste één bypass-opening 9 zijn voorzien. Daarbij dienen aan de binnenzijde van de buis 2 middelen te zijn voorzien om ter plaatse van de ten minste ene
15 bypass-opening 9 in de buis 2 een onderdruk te creëren ten opzichte van de buiten de buis 2 heersende druk ter plaatse van de ten minste ene bypass-opening 9.

Deze bypass-openingen 9 kunnen worden toegepast in een cycloonseparator met een enkelvoudige spiraalvormige spleetopening zoals weergegeven in figuren 1 en 2. In het voorbeeld uit die figuren zijn de bypass-openingen 9 duidelijk zichtbaar. De
20 binnenring 10 is een voorbeeld van een middel dat dient om ter plaatse van de ten minste ene bypass-opening in de buis een onderdruk te creëren ten opzichte van de buiten de buis heersende druk ter plaatse van de bypass-opening. Via de spleetopening 8 naar buiten getreden gas kan op gecontroleerde wijze via de bypass-openingen 9 weer in de buis 2 treden.

De bypass-openingen 9 met middelen om ter plaatse van de bypass-openingen 9 onderdruk te creëren, verschaffen ook voor cycloonseparatoren met één of meerdere spleetopeningen die zich in de axiale richting van de buis uitstrekken een verbeterde scheidingsefficiëntie. Het is niet uitgesloten dat wij of onze concurrenten dergelijke cycloonseparatoren in het verkeer willen gaan brengen.
25

Als gevolg van de bypass-openingen 9 en de daar achter heersende lagere druk in de buis 2, zal via de ten minste ene spleetopening 8 naar buiten getreden secundair gas geneigd zijn om de via de bypass-opening 9 weer in de buis 2 te treden. Aldus wordt
30 verhinderd dat het via spleetopening 8 naar buiten getreden secundair gas weer door diezelfde spleetopening 8 in de buis 2 treedt.

Door de positie van de bypass-opening 9 gunstig te kiezen, bijvoorbeeld niet direct stroomafwaarts van het stroomafwaartse uiteinde van de spleetopening 8 maar enigszins in tangentiële richting versprongen (bijvoorbeeld 5-15 graden versprongen), kan eenvoudig worden verhinderd dat vloeistof via de bypass-opening weer in de buis

5

binnentreedt.

De binnenring 10 is stroomopwaarts van de bypass-openingen 9 op het binnenoppervlak van de mantelwand aangebracht. Daarbij heeft de binnenring 10 een binnendiameter die kleiner is dan de binnendiameter van de buis 2, zodat deze een constrictie (vernauwing) vormt in de als stromingskanaal dienende buis 2. Direct

10

stroomafwaarts van de binnenring 10 heerst achter de ring 10 een onderdrukgebied hetgeen tot gevolg heeft dat uit de spleetopening 8 getreden secundair gas liefst naar dat onderdrukgebied stroomt om weer in de buis 2 te treden. Bij voorkeur is de binnendiameter van de binnenring 10 circa 0,8 (tussen 0.75 en 0.85) van de binnendiameter van de buis 2.

15

Zoals hiervoor reeds opgemerkt, is de afstand tussen het punt waar het secundaire gas de spleetopening 8 heeft verlaten en de positie van de bypass-opening 9 zodanig groot dat de kans bijzonder klein is dat zich op het moment van binnentreden van het secundaire gas via de bypass-opening 9 nog vloeistof in dat secundaire gas bevindt. Teneinde volledig uit te sluiten dat nog vloeistof via de bypass-openingen 9 in

20

de buis 2 treedt kunnen anti-intredemiddelen zijn voorzien die zijn ingericht om intrede van vloeistof vanaf de buitenzijde van de buis 2 via de bypass-openingen 9 naar de binnenzijde van de buis 2 te verhinderen. Dergelijke anti- intredemiddelen kunnen een ring of kraag 13 (zie Fig. 5) omvatten die aan het buitenoppervlak van de mantelwand van de buis 2 is aangebracht en die zich uitstrekt in een denkbeeldig vlak, dat de

25

hartlijn van de buis 2 loodrecht snijdt en dat zich op een axiale positie bevindt die ligt tussen een stroomafwaarts uiteinde van de spleetopening 8 en stroomopwaarts van de bypass-openingen 9. Daarbij stemt de binnendiameter van de betreffende ring of kraag 13 overeen met de buitendiameter van de buis 2. Op een dergelijke ring of kraag zal vloeistof dat zich in gas bevindt dat buiten de buis in de richting van de bypass-

30

openingen stroomt neerslaan voordat het bypass-openingen 9 bereikt.

Als alternatief voor de buitenring 13 kunnen de anti-intredemiddelen een radiaal naar buiten gerichte kraag rond de of elke bypass-opening 9 omvatten. Ook een dergelijke kraag maakt de kans dat vloeistof in de bypass-openingen 9 treedt nihil.

In plaats van de hierboven beschreven bypass-openingen kan in de

mantelwand van de buis van de cycloonseparator volgens een nadere uitwerking van de uitvinding stroomopwaarts van het werfellichaam een secundaire gasinlaatopening zijn aanbracht waarop aan de binnenzijde van de buis een secundaire gasleiding is aangesloten die uitmondt in een, in het werfellichaam aangebrachte kamer, waarbij de kamer is voorzien van ten minste één secundaire gasuitstroomopening (zie hiertoe ook 5 Figuren 1-4 van EP 1 147 799 A1 en de daarbij behorende beschrijving; secondary gas inlet 11, channel 12 and outflow openings 8 van D1). Aldus wordt, anders dan bij het hiervoor beschreven uitvoeringsvoorbeeld, een zogenaamde recirculatiecycloon verschaft. Ook bij een dergelijke recirculatiecycloon levert de enkele spiraalvormige spleetopening een veel betere scheidingsefficiency dan de conventionele 10 recirculatiecycloon met drie of zes axiale spleetopeningen. Bij voorkeur is het werfellichaam voorzien van een aantal secundaire gasuitstroomopeningen die stroomopwaarts van een axiaal stroomafwaarts uiteinde van het werfellichaam zijn aangebracht, bij voorkeur tussen, op de werfellichaamkern aangebrachte werfelbladen.

15 Wij vervaardigen ook de vloeistofverzamelkasten, waarvan een voorbeeld is getoond in figuur 5, en die elk zijn voorzien van een vloeistofafvoerleiding 12 en één of een aantal van mijn nieuwe cycloonseparatoren. Datzelfde geldt voor een drukvat dat is voorzien van een invoer voor een gas/vloeistof-stroom, een afvoer voor gas en een afvoer voor vloeistof, waarbij tussen de invoer en de afvoer voor gas een aantal 20 vloeistofverzamelkasten met de door mij ontwikkelde nieuwe cycloonseparatoren is opgesteld, waarbij de vloeistofafvoerleidingen van de vloeistofverzamelkasten in verbinding staan met de afvoer voor vloeistof in het vat.

Figuur 6 toont een grafiek waarin horizontaal de vloeistofdruppeldiameter en verticaal het percentage druppels dat wordt verwijderd is uitgezet. Lijn 14 representeert 25 de scheidingsefficiency van een axiale recirculatie-cycloon met drie axiaal gerichte spleetopeningen, zoals bijvoorbeeld beschreven in EP 1 147 799 A1. Lijn 15 is niet van belang. Lijn 16 toont ten slotte de scheidingsefficiency van een recirculatie-cycloon voorzien van één spiraalvormige spleetopening volgens de uitvinding. Duidelijk zichtbaar is dat lijn 16 de beste scheidingsefficiency toont, zodat van de twee vergeleken 30 recirculatie-cyclonen de recirculatiecycloon met spiraalvormige spleetopening de beste scheidingsefficiency heeft.

Figuur 7 toont een grafiek waarin horizontaal de vloeistofdruppeldiameter en verticaal het percentage druppels dat wordt verwijderd is uitgezet. Daarbij representeert lijn 17 de scheidingsefficiency van een cycloonseparator zonder secundaire gasinstroomopening, secundaire gasleiding, kamer en secundaire gasuitstroomopeningen en met slechts één axiale gerichte spleetopening. Een dergelijke cycloon is niet uit de stand van de techniek bekend maar is hier gebruikt als vergelijkingscycloon om het effect van het spiraalvormig zijn van de spleetopening aan te tonen. Lijn 18 representeert de scheidingsefficiency van een soortgelijke cycloonseparator, waarbij in plaats van één axiale spleet één spiraalvormige spleetopening 8 is voorzien. In wezen toont lijn 18 de scheidingsefficiency van een cycloonseparator zoals weergeven in figuur 1. Duidelijk zichtbaar is dat van deze laatste uitvoering de scheidingsefficiency aanzienlijk hoger is dan van de cycloon met de axiaal gerichte spleetopening. Deze verhoogde scheidingsefficiency wordt tenietgedaan wanneer er meer dan één spiraalvormige spleetopening in de buis aanwezig is.

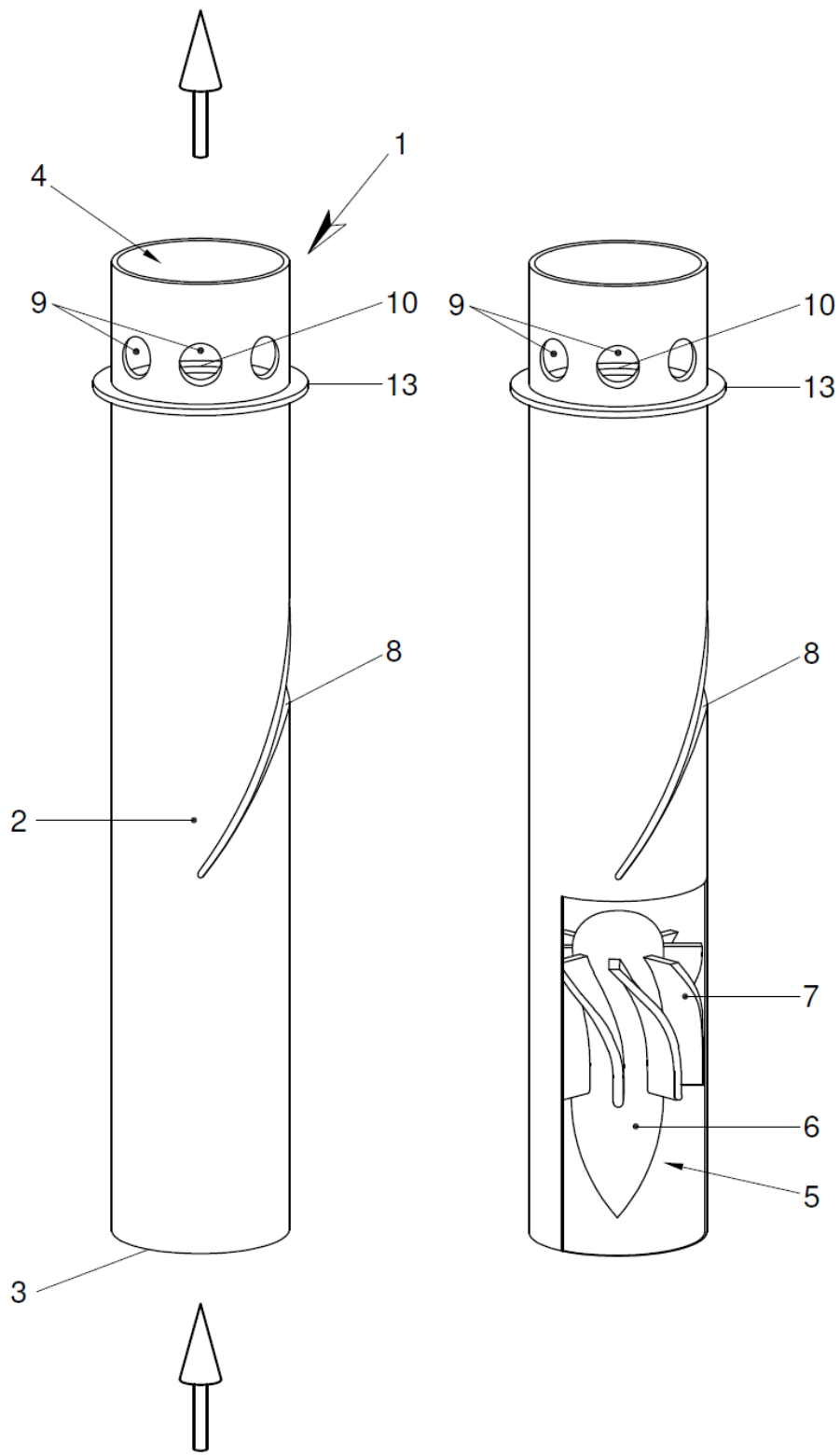


Fig. 1

Fig. 2

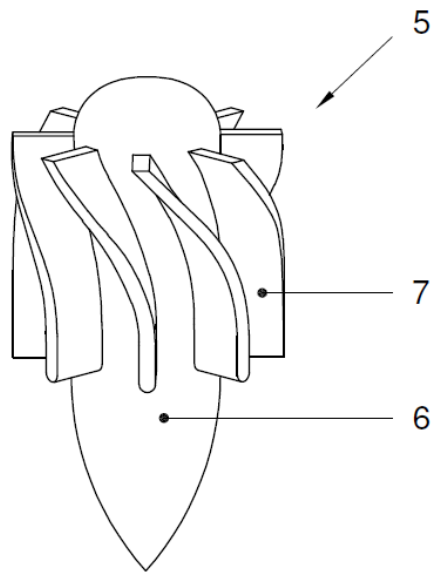


Fig. 3

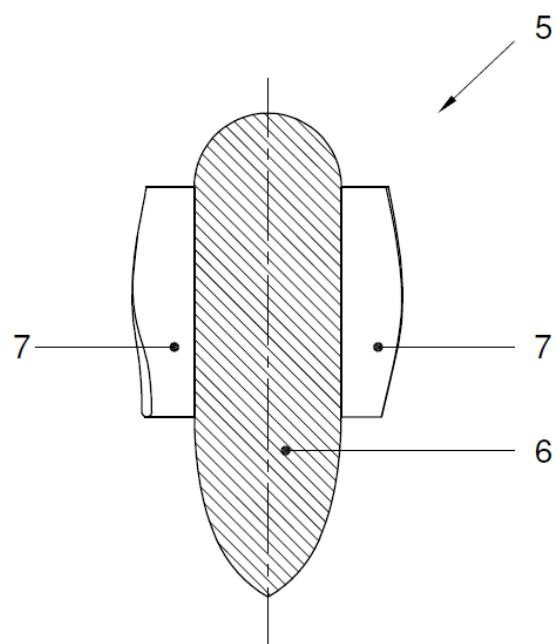


Fig. 4

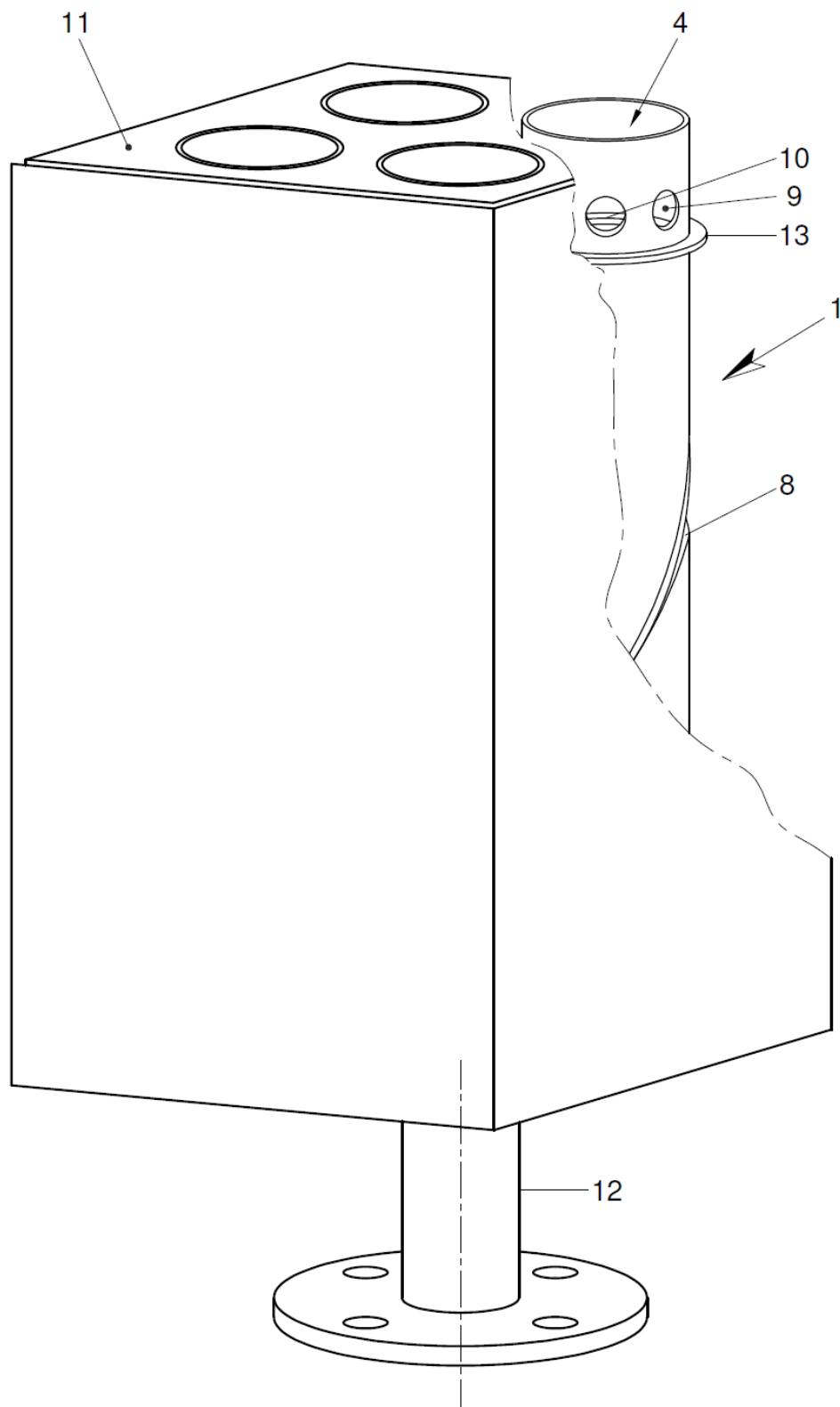


Fig. 5

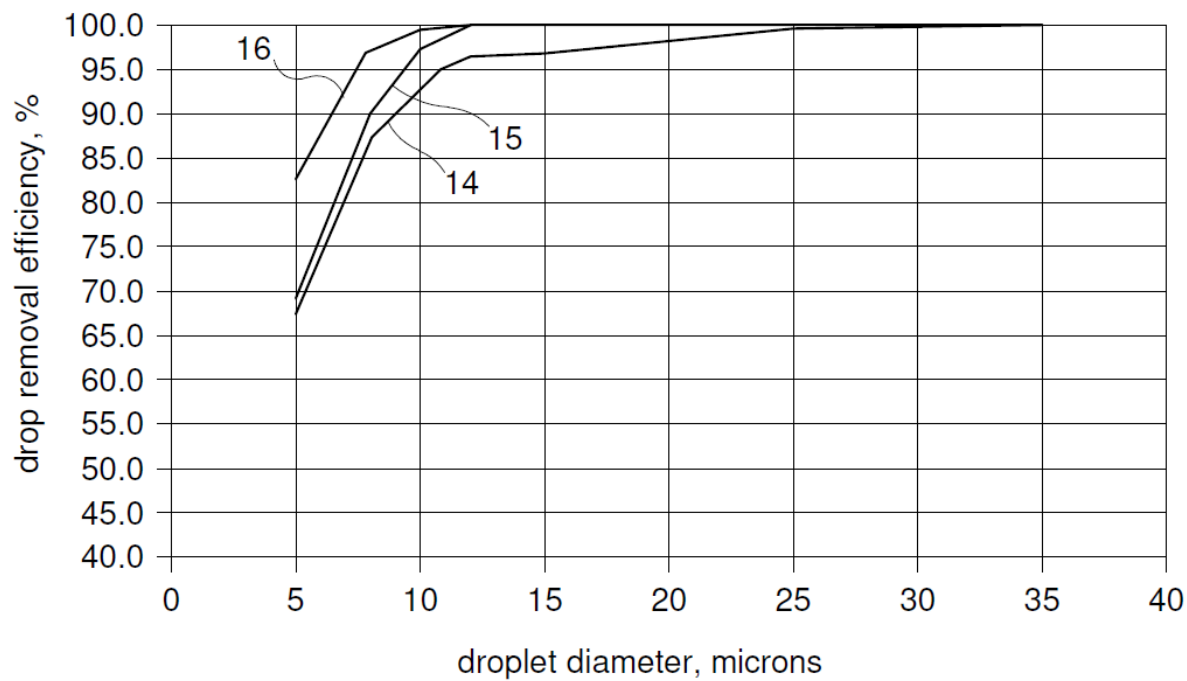


Fig. 6

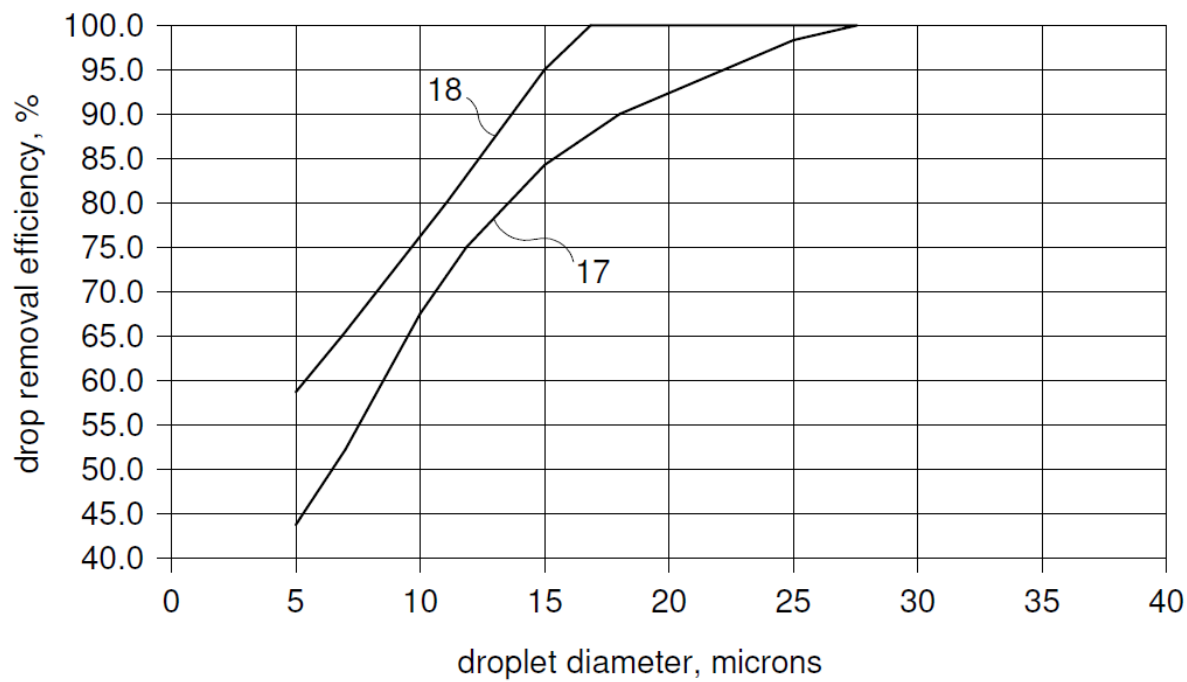
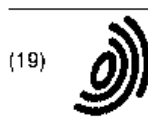


Fig. 7



(19)

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 147 799 A1**

(12)

EUROPEAN PATENT APPLICATION

(43) Date of publication:
24.10.2001 Bulletin 2001/43

(51) Int Cl.?: **B01D 45/12, B04C 3/00**(21) Application number: **00201388.6**(22) Date of filing: **17.04.2000**

(84) Designated Contracting States:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Designated Extension States:
AL LT LV MK RO SI

(71) Applicant: **Koene, Frédéric Pierre Joseph**(54) **Device to remove liquid from a gas/liquid mixture**

(57) Device for the removal of a liquid from a gas/liquid mixture, comprising a tube, a swirl body placed in this tube and having one or more swirling members, at least one outflow opening in the wall of the tube downstream of the swirl body, a channel connected with a downstream end to an upstream end of an internal chan-

nel in the swirl body, an upstream end of the channel being in fluid communication with the at least one outflow opening in the tube, the internal channel in the swirl body having at least one outflow opening, characterized in that the at least one outflow opening of the internal channel is situated at a position upstream from a downstream end of the swirl body.

EP 1 147 799 A1

Title: Device to remove liquid from a gas/liquid mixture

[0001] The invention relates to a device for the removal of a liquid from a gas/liquid mixture, comprising a tube, a swirl body placed in this tube and having one or more swirling members, a
5 plurality of outflow openings in the wall of the tube downstream of the swirl body, a channel connected with a downstream end to the upstream end of an internal channel in the swirl body, an upstream end of the channel being in fluid communication with the at least one secondary gas inlet opening in the tube, the internal channel in the swirl body having at least one outflow opening.

[0002] In the oil and petrochemical industry there are many processes which require in a certain
10 stage the removal of liquid from the gas flows processed.

[0003] If the pressure of natural gas produced at an offshore platform has to be increased, a compressor is required which is mostly of the centrifugal type. In order to avoid breakdown of the vanes of this type of compressor, one must remove liquid present in the natural gas before the gas enters the compressor. Normally this gas/liquid separation is achieved by the installation of a
15 gas/liquid separator upstream of the compressor. In this gas/liquid separator a or a number of internal devices is present which perform the gas/liquid separation. This internal device is often of the following type: a cyclone-type either as mono-cyclone or as a multicyclone bundle.

[0004] At production platforms there is a need of very compact separators and therefore of compact gas/liquid separation internals. Cyclone-type internals are the most compact internals and
20 are preferred in the offshore industry . Often a multicyclone bundle is used having a number of axial-flow cyclones because of the relatively low pressure drop across this type of cyclones.

[0005] The device mentioned in the preamble of claim 1 is such an axial flow cyclone. The main elements of the axial flow cyclone are a cyclone tube and a swirl body inside the tube. The gas flows through these cyclones and the swirling members or vanes of the swirl body in the cyclone tube
25 bring the gas flow into a swirling motion which causes the liquid droplets present in the gas to migrate to the tube wall due to the centrifugal forces generated by this swirling motion. The droplets are caught by the tube wall and form a liquid film which spirals upwards on the inner tube wall. To transport the separated-off liquid to a liquid collection chamber of the multicyclone bundle and via a liquid drain to the liquid compartment of the gas/liquid separation vessel, outflow openings in the
30 form of slots are present in the tube wall. These slots are in most cases longitudinal, i.e. parallel to the axis of the cyclone tube.

[0006] To achieve efficient removal of the separated-off liquid from the tube, a part of the gas flow through the cyclone, typically ranging from 5 to 20 % of the total flow leaves the cyclone tube via the

slots. If this so-called secondary flow is not present, there is a high risk that the separated-off liquid remains at the side of the slots due to surface effects and creeps along these rims to the gas exit due to the drag force exerted by the gas flow and will eventually be re-entrained in the primary gas flow.

[0007] The introduction of this secondary gas flow, however, creates a new problem because this secondary gas contains liquid droplets which have been picked up at the location of the slots, for instance, and which also have to be removed.

[0008] Several methods are known to solve this problem.

[0009] One method is to allow the secondary gas flow to leave the liquid collection chamber via secondary gas outlets at the top of the chamber and having the liquid collection chamber

dimensioned such that the upward velocity of the secondary gas is sufficiently low to enable the dropout of the droplets from the gas flow by gravity. In case that the droplets to be removed are very small, a wiremesh can be installed downstream of the secondary gas outlets to ensure also the removal of these small droplets.

[0010] An alternative method is to recirculate the secondary gas to the cyclone where it flows via a recirculation pipe in the tube through the swirl body and leaves the swirl body via a top outlet. There the secondary or recirculation gas flow is re-united with the main gas flow in the cyclone.

[0011] This recirculation flow is driven by the underpressure on the central axis of the cyclone created by the swirling flow.

[0012] In order to prevent liquid re-entrainment of liquid present at the swirl body into the secondary or recirculation gas leaving the swirl body, the top of the swirl body has to be fitted with anti-creep rings. This is disclosed in patent publication NL-1003408.

[0013] The disadvantage of the recirculation with a top outlet in the swirl is that the secondary gas enters the tube as a jet stream in which no or virtually no swirl is present. Consequently, a proper demisting of the secondary gas is not achieved and the liquid removal efficiency of the cyclones is adversely affected and the performance of a recirculation axial cyclone with a secondary gas outlet at the top of the swirl body and anti-creep rings is poor.

[0014] The object of the invention is to provide a recirculation axial cyclone with a much higher performance.

[0015] According to the invention this object is achieved by a device for the removal of a liquid from a gas/liquid mixture, comprising a tube, a swirl body placed in this tube and having one or more swirling members, a plurality of outflow openings in the wall of the tube downstream of the swirl body, a channel connected with a downstream end to an upstream end of an internal channel in the swirl body, an upstream end of the channel being in fluid communication with the at least one

secondary gas inlet opening in the tube, the internal channel in the swirl body having at least one outflow opening, wherein the at least one outflow opening of the internal channel is situated at a position upstream from a downstream end of the swirl body.

5 **[0016]** Because of the fact that the at least one outflow opening of the internal channel is situated at a position upstream from a downstream end of the swirl body, there is a full benefit of the swirl created by the swirl body resulting in an efficient demisting of the secondary gas. The secondary or recirculation gas is introduced at a position in the primary gas flow where the swirling motion very intense. As a consequence, the secondary and primary gas flows will mix very quickly and the liquid which is present in the secondary gas flow will be separated from the gas flow.

10 **[0017]** Furthermore, the anti-creep rings have become obsolete which is an advantage because of the smaller flow resistance in the tube when no anti-creep rings are present.

[0018] Another advantage is that the secondary or recirculation gas flow will not form a gas jet in the tube which does not have a swirling motion. In the prior art device, this gas jet causes the problem of liquid leaving the tube via the primary gas outlet.

15 **[0019]** Preferably the at least one outflow opening of the internal channel is situated downstream of the downstream ends of the swirling members, wherein the distance between an upstream side of the at least one outflow opening of the inner channel and a downstream end of the swirling members is less than the distance between the downstream ends of two neighbouring swirling members. According to this further elaboration the secondary gas will enter the primary gas at a point where the swirling motion in the primary gas is very strong. Consequently, the secondary or recirculation gas will almost immediately come into a swirling motion and the liquid therein will migrate to the tube wall.

20 **[0020]** In an alternative further elaboration of the invention this effect can be achieved by situating the at least one outflow opening of the internal channel between the swirling members of the swirl body, preferably near a downstream end of the swirling members.

[0021] Further elaborations of the invention are described in the sub claims and will be further elucidated in the following with reference to the drawing in which:

figure 1 shows a perspective view of an embodiment the device;

figure 2 shows a partly broken away over-all view of the cyclone;

30 figure 3 shows a detail of the downstream end of the swirl body; and

figure 4 shows a longitudinal cross section of the swirl body of the device.

[0022] A device 1 comprise a tube having cylindrical wall 2 which bounds a flow space 3. Placed in flow space 3 is a swirl body 4 which is provided on the outer periphery with swirling members in the form of curved swirling blades 5. Arranged in the interior of the swirl body 4 is an internal channel 6. The upper part of this channel branches off into a number of branch channels 7. The branch

5 channels 7 extend in a direction which direction makes an angle with the longitudinal axis of the tube which is smaller than 90 degrees, so that, in use the change of direction of the gasflow when leaving the central channel and entering the branch channels is less than 90 degrees, preferably in the range of 30 to 45 degrees. In the present embodiment, the openings 8 of the branch channels are situated in the downstream end of the space between the swirling blades 5 on the swirl body 4.

10 Between each pair of swirling blades 5 an outflow opening 8 of the internal channel 6 is provided. In an alternative embodiment of the invention, the outflow openings 8 of the branch channels 7 of the internal channel 6 may also be situated a little downstream of the downstream ends of the swirling blades 5. Downstream of the swirling body 4, the tube 2 is provided with a plurality of elongated longitudinal slots 9. Device 1 is surrounded by a liquid collection chamber (not shown in the figure).

15 **[0023]** During operation of the device 1 a mist of gas and liquid (droplets) is supplied in the direction of arrow C into the flow space 3, where after this gas flow acquires a cyclone-like flow pattern due to the swirling blades 5. Due the centrifugal force the liquid droplets are moved at least to a considerable extend radially out of the gas flow via the longitudinal slots 9 in the direction of arrows B, together with a fraction of the quantity of gas, the secondary gas, typically in the range of

20 5 to 20% of the total gas flow through the cyclone, whilst the remaining gas flow with at least a large part of the liquid removed leaves device 1 in the direction of arrow A via outlet opening 10. Secondary gas flows B are fed back via the liquid collection chamber (not shown) to a secondary gas inlet opening 11 which connects via a channel 12 to the internal channel 6 in the swirl body 4.

[0024] This secondary or recirculation gas flow in the direction of B increases the removal efficiency

25 of the separated-off liquid from device 1 into the liquid collection chamber and also prevents fouling/blocking of the elongated longitudinal slots 9 due to solid particles originating from the gas.

[0025] Owing to the swirling action of the blades 5 a relatively low pressure is created along the centre line of device 1 downstream of swirl body 4 and also at the openings 8. This underpressure sucks the fed back secondary gas into channel 6 via the secondary gas inlet opening 11 and channel

30 12.

[0026] At the end of internal channel 6, the secondary or recirculation gas flow is divided over the branch channels 7 and leaves the swirl body 4 between the upper part of the blades 5 via the branch channel openings 8 where it is re-united with the main gas flow in device 1 which flow is having locally its maximum swirl. Due to this, the secondary or recirculation gas flow also starts swirling resulting in a removal of the liquid droplets still entrained in the secondary flow.

[0027] The cyclone configuration according to the present invention causes only a very low pressure drop in the flow of the gas flow typically in the order of 30 mbar.

[0028] It has a very high liquid removal efficiency which is rather insensitive to large variations in the gas flow. The manufacturing costs according to the present invention are relatively low.

Claims:

1. Device (1) for the removal of a liquid from a gas/liquid mixture, comprising a tube, a swirl body (4) placed in this tube and having one or more swirling members (5), a plurality of outflow openings in the wall of the tube downstream of the swirl body (4), a channel connected with a downstream end to an upstream end of an internal channel (6) in the swirl body (4), an upstream end of the channel being in fluid communication with the at least one secondary gas inlet opening in the tube, the internal channel in the swirl body (4) having at least one outflow opening, characterized in that the at least one outflow opening of the internal channel (6) is situated at a position upstream from a downstream end of the swirl body (4).

2. Device according to claim 1, characterized in that the at least one outlet opening of the internal channel (6) is situated downstream of the downstream ends of the swirling members (5), wherein the distance between an upstream side of the at least one outflow opening of the internal channel (6) and a downstream end of the swirling members (5) is less than the distance between the downstream ends of two neighbouring swirling members (5).

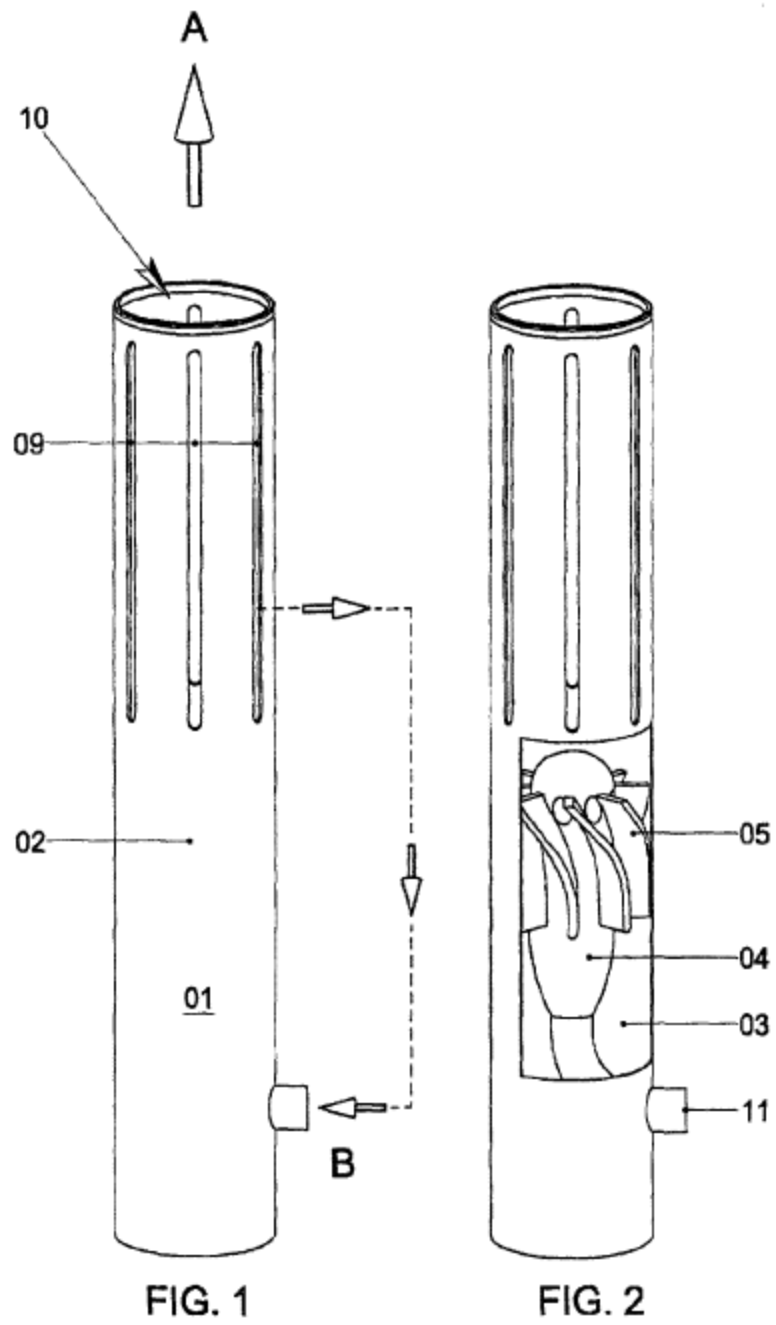
3. Device according to claim 1, characterized in that the at least one outflow opening of the internal channel (6) is situated between the swirling members (5) of the swirl body (4) preferably near a downstream end of the swirling members (5).

4. Device according to any of claims 1-3, characterized in that the internal channel (6) of swirl body (4) comprises a central channel and a number of branch channels (7) which branch off the central channel, each branch channel (7) ending into a said outflow opening of the internal channel.

5. Device according to claim 4, characterized in that the branch channels (7) extend in a direction which direction makes an angle with the longitudinal axis of the tube which is smaller than 90 degrees, so that, in use the change of direction of the gasflow when leaving the central channel and entering the branch channels (7) is less than 90 degrees preferably in the range of 30 to 45 degrees.

6. Device according to any of claims 1-5, characterized in that the plurality of outflow openings in the wall of the tube downstream of the swirl body (4) comprise a number of longitudinal slots (9).

EP 1 147 799 A1



EP 1 147 799 A1

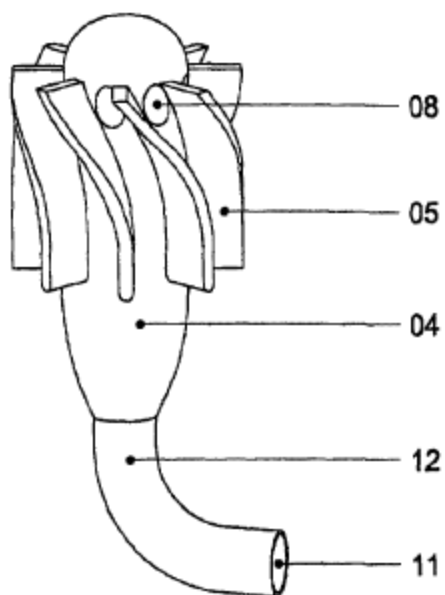


FIG. 3

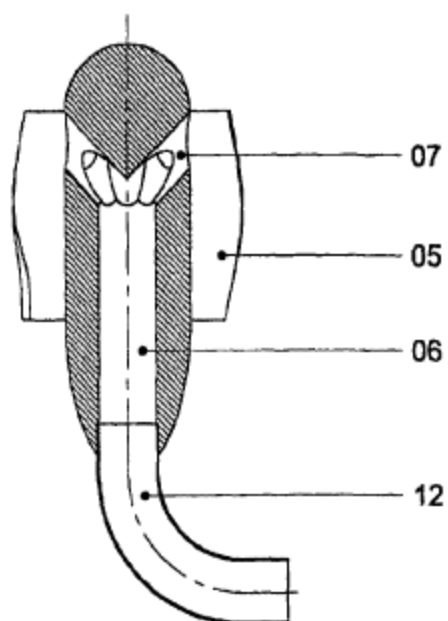


FIG. 4