

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS

PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 128603 B**

(12) **PATENTTIJULKAISU**

PATENTSKRIFT

PATENT SPECIFICATION

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats - Patent granted

31.08.2020

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification

B01D 53/86 (2006.01)

F23G 7/06 (2006.01)

F23C 13/00 (2006.01)

(21) Patenttihakemus - Patentansökning - Patent
application

20195017

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date

11.01.2019

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date

11.01.2019

(43) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the
public

12.07.2020

(73) Haltija - Innehavare - Proprietor

1 •Vocci Oy, Radiokatu 7 A 8, 00240 HELSINKI, SUOMI - FINLAND, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 •LYLYKANGAS, Reijo, HELSINKI, SUOMI - FINLAND, (FI)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Laine IP Oy, Porkkalankatu 24, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention

VOC-kaasujen käsittelylaitteisto

Anläggning för behandling av VOC-gaser

Apparatus for treatment of VOC gases

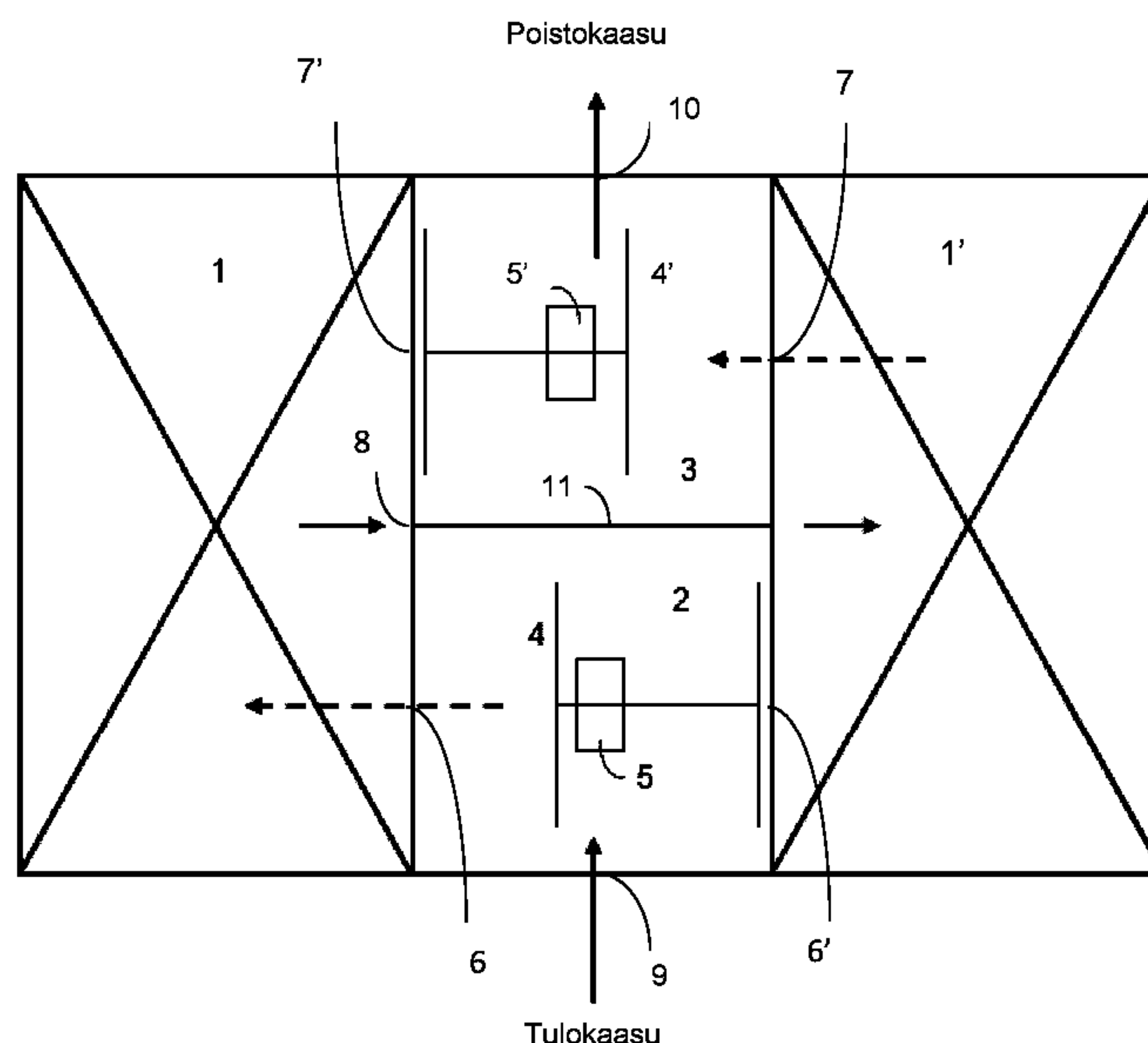
(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer - References cited

US 5366708 A, FI 10329 U1, CN 106938177 A, KR 101406023 B1

(57) Tiivistelmä - Sammandrag - Abstract

Menetelmä ja laitteisto VOC-pitoisten kaasujen puhdistamiseksi. Menetelmässä VOC-yhdisteitä sisältävä kaasu johdetaan tuloputken (9) kautta tulovyöhykkeeseen, josta kaasu siirretään ensimmäiseen katalysaattorivyöhykkeeseen, jossa pääosa VOC-yhdisteistä hapetetaan, minkä jälkeen kaasu johdetaan toiseen katalysaattorivyöhykkeeseen, jossa loppuosa VOC-yhdisteistä hapetetaan. Puhdistettu kaasu poistetaan poistoputken (10) avulla. Keksinnön mukaan kukin katalysaattorivyöhyke on sijoitettu omaan kammioonsa (1, 1') ja tulovyöhyke ja vastaavasti poistovyöhyke on sijoitettu välitilaan (2, 3), joka erottaa katalysaattorivyöhykkeet toisistaan. VOC-yhdisteiden hapetuksen yhteydessä vapautuva lämpö otetaan talteen ainakin toiseen katalysaattorivyöhykkeeseen järjestetyillä lämmönsiirtimillä ja kaasun virtausta tulovyöhykkeestä ensimmäiseen katalysaattorivyöhykkeeseen ohjataan suuntaventtiilillä. Ratkaisulla voidaan pienentää laitteiston kokoa ja vähentää kaasunsyötön suunnanvaihdosta aiheutuvia päästöjä.

Förfarande och anläggning för rening av VOC-haltiga gaser. Vid förfarandet leder man den gasen som innehåller VOC-föreningar via ett inlopp (9) till en inloppszon, från vilken gasen förs vidare till en första katalysatorzon där huvuddelen av VOC-föreningarna oxideras, varefter gaser leds till en andra katalysatorzon där resten av VOC-föreningarna oxideras. Den renade gaser avlägsnas genom ett utlopp (10). Enligt uppfinningen är varje katalysatorzon placerad i en egen kammare (1, 1') och inlopps- respektive utloppszonerna är placerade i en mellanzon (2, 3) som skiljer katalysatorzonerna åt. Värmet som frigörs vid oxideringen av VOC-föreningarna tas tillvara med hjälp av värmeväxlare som är ordnade i åtminstone den andra katalysatorzonen och gasflödet från inloppszonen till den första katalysatorzonen regleras med en riktventil. Med lösningen kan man minska anläggningens storlek och reducera utsläppen av gasinflödets riktningsbyten.



VOC-kaasujen käsittelylaitteisto

Keksinnön kohteena on VOC-kaasujen käsittelylaitteisto.

- 5 Keksinnön kohteena on myös tällaisen laitteiston käyttö.

EU:n liuotinpäästöjä säätelee lainsäädäntö, joka perustuu ns. VOC-direktiiviin EY1999/13.

- Direktiivi pitää sisällään BAT-periaatteen (Best Available Technology), joka velvoittaa viranomaisia käyttämään tiukempia normeja kuin direktiivissä on säädetty, mikäli
10 kaupallisesti on saatavissa kohtuuhintaista ja luotettavaa teknologiaa niiden saavuttamiseksi.

- Direktiivissä on säädetty teollisuuden liuotinpäästöille (VOC) teollisuudenala- ja päästömääräkohtaiset normit, jotka vaihtelevat välillä 50–150 mg C/nm³. Koska päästöjen
15 vähennystekniikka on kehittynyt, viranomaiset ovat asettamassa uusien ilmaston lämpenemistietojen takia paljon tiukempia vaatimuksia kaikille suorille ja epäsuorille kasvihuonekaasuille.

- VOC-kaasuista monet ovat kasvihuonekaasuja, joiden GWP (Global Warming Potential)
20 -arvot ovat muutamasta kerrasta jopa 3000 kertaan haitallisempia kuin hiilidioksidin (CO₂). Epäsuorana arvona IPCC, eli hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli, on ilmoittanut, että VOC-kaasut ovat 11 kertaa pahempia kuin CO₂. Tämä johtuu VOC-päästöjen ja NO_x-päästöjen yhdessä tuottamasta alailmakehän otsonista.

- 25 VOC-päästöjen vähentämiseen on käytettävissä useita keinoja. Voidaan käyttää vesiohenteisia tai vähemmän liuottimia sisältäviä maaleja ja lakkoja. Yleinen suuntaus päästöissä on kohti pienempiä pitoisuuksia, mikä asettaa uusia vaatimuksia päästöjen käsittelylaitteille.

- 30 VOC-kaasupäästöille on tunnusomaista, että niiden pitoisuus kaasussa on niin alhainen ja edelleen menossa alhaisemmiksi, ettei se riitä tuottamaan läheskään polttamiseen

tarvittavaa energiaa vaan poltto edellyttää erittäin tehokasta lämmön uudelleenkierrätystä tai VOC- kaasujen konsentrointia.

Yleisimmin käytetty tekniikka VOC-kaasujen hävittämiseen on terminen poltto ja
 5 seuraavana on katalyyttinen hapetus. Molemmissa voidaan käyttää rekuperatiivista tai regeneratiivista lämmönsiirtäjää esilämmittämään polttolaitokseen tulevaa kaasua. Rekuperatiivisella lämmönsiirtimellä hyötysuhde on parhaimmillaan 65 % ja regeneratiivisella jopa 95 %.

10 Tekniikan tasoa edustavat FI 10329, CN 203642204 ja WO 2011067471.

Katalyyttisen ja termisen polton tärkeimpänä erona on polttolämpötila, joka termisessä poltossa on n. 800 °C ja katalyyttisessä poltossa n. 300 °C. Tämä merkitsee sitä, että termisessä poltossa tarvitaan lähes kolme kertaa enemmän energiaa kaasuvirran
 15 lämmittämiseen reaktiolämpötilaan kuin katalyyttisessä poltossa.

Se liuotinpitoisuus, joka termisessä regeneratiivisessä poltossa riittää tuottamaan polttamisessa tarvittavan energian, on 2–3 g/nm³. Katalyyttisessä poltossa se on vastaavasti 0,5–1,0 g/nm³. Tätä pitoisuutta kutsutaan autotermiseksi pisteeksi (ATP).

20

Regeneratiivisten polttolaitosten heikkous on se, että kaasun virtaussuuntaa täytyy vaihtaa kahden varaaja-/esilämmitysyksikön (peti) välillä. Tällöin suunnanvaihdon aikana pääsee pienehkö määrä puhdistamatonta kaasua poistoputkeen, mikä alentaa polttolaitoksen tehokkuutta. Ns. kaksipetisellä termisellä polttolaitoksella saavutetaan n. 96 %:n
 25 puhdistustehokkuus, mikä edelleen on liian pieni yllä mainittujen päästömääräkohtaisten normien täyttämiseksi.

Esillä olevan keksinnön tarkoitus on poistaa ainakin osa tekniikan tasoon liittyvistä epäkohdista ja saada aikaan uudenlainen ratkaisu VOC-pitoisten kaasujen käsittelemiseksi
 30 ja puhdistamiseksi.

Keksintö perustuu siihen ajatukseen, että VOC-yhdisteitä sisältävä kaasu saatetaan ainakin kahdessa katalysaattorivyöhykkeessä suoritettavaan katalyyttiseen käsittelyyn VOC-yhdisteiden hapettamiseksi ja polttamiseksi.

- 5 Kukin katalysaattorivyöhyke on sijoitettu omaan kammioonsa ja kaasun tulovyöhyke ja vastaavasti poistovyöhyke on sijoitettu välitilaan, joka erottaa katalysaattorivyöhykkeet toisistaan. VOC-yhdisteiden hapetuksen yhteydessä vapautuva lämpö otetaan talteen ainakin toiseen katalysaattorivyöhykkeeseen järjestetyillä lämmönsiirtimillä. Kaasun virtausta tulovyöhykkeestä ensimmäiseen katalysaattori-vyöhykkeeseen ohjataan
- 10 suuntaventtiilillä, jolloin kaasun virtaussuunnan vaihdosta aiheutuvat päästöt voidaan minimoida.

- Keksinnön mukaisessa laitteistossa ensimmäinen ja toinen katalysaattorikammio on yhdistetty niitä erottavaan välitilaan, jonka ensimmäinen osa on varustettu puhdistettavan
- 15 kaasun tuloputkella ja jonka toinen osa on varustettu puhdistetun kaasun poistoputkella, jolloin puhdistettavan kaasun tuloputki on yhdistetty suuntaventtiilillä puhdistettavan kaasun syöttämiseksi haluttuun kammioon.

- Ratkaisulla voidaan etenkin pienentää laitteiston kokoa ja vähentää kaasunsyötön
- 20 suunnanvaihdosta aiheutuvia päästöjä. Laitteistoa voidaan käyttää VOC-kaasujen käsittelyyn.

- Täsmällisemmin sanottuna keksinnön mukaiselle laitteistolle ja käytölle on pääasiallisesti tunnusomaista se, mikä on esitetty itsenäisten patenttivaatimusten tunnusmerkkiosissa.

- 25 Keksinnön avulla saavutetaan huomattavia etuja.

- Esillä oleva VOC-kaasujen käsittelylaitteisto ja käyttö ovat teknisesti erittäin edullisia. Uudessa laitteistossa kammiot on siirretty erilleen. Kaasu aiemmista ratkaisuista poiketen
- 30 tulee sisään ja poistuu kammioden välitilan kautta. Välitila on jaettu keskeltä kaasun tulo-osaan ja poisto-osaan. Välitilan korkeus on sopivimmin rajattu ”katoksella”, jolloin tähän

voidaan sijoittaa lisälämpölähteet, joilla kaasuun voidaan tuoda lämpöä laitteiston käytön aikana.

Regeneratiivinen lämmönsiirrin on hyötysuhteeltaan tehokkain lämmön kerääjä.

- 5 Katalyyttisellä polttolaitoksella, sen pienemmästä koosta johtuen, suunnanvaihdon hävikki on lähtökohtaisesti pienempi, joten hyötysuhde on korkeampi. Esillä olevalla ratkaisulla voidaan vielä entisestään parantaa tällaisen polttolaitoksen hyötyastetta ja saavuttaa uudet päästörajat (oletus 5 mg/nm^3), mihin ei päästä nykyisillä laitteilla. Esimerkiksi verrattuna julkaisuissa FI 10329 ja WO 2011067471 esitettyihin ratkaisuihin esillä olevalla
- 10 keksinnöllä saavutetaan merkittäviä parannuksia juuri näiden seikkojen osalta. Esillä olevalla keksinnöllä saavutetaan jopa 5 mg/nm^3 :n päästöraja tilanteissa, joissa autoterminen piste on niinkin alhainen kuin $0,5 \text{ g/nm}^3$.

- Virheellisen palamisen aiheuttamat riskit pienenevät oleellisesti, kun poltin ja
- 15 katalysaattori on eriytetty eri tilaan.

- Kaasun virtauksen ohjaaminen siten, että sen suunnanvaihto tapahtuu esim. korkeintaan 0,1 sekunnissa vähentää merkittävästi kaasun virtaussuunnan vaihdosta aiheutuvia päästöjä. Suuntaventtiilinä käytetään tällöin sopivimmin venttiiliä, jolla on lyhyt
- 20 iskupituus. Tämä mahdollistaa nopeuden oleellisen nostamisen ja kaksitoimisen sylinterin käytön.

- Termisessä ja katalyyttisessä polttolaitoksessa sekä lämmönsiirtimessä että katalysaattorissa kaasun virtaus on laminaarista. Reaktoreissa käytettävissä
- 25 virtausnopeuksissa RTO:n suorissa kanavissa Nusseltin ja Sherwoodin luvut ovat noin 3. Ne kasvavat hitaasti lähes lineaarisesti nopeuden kasvaessa. Vastaavilla virtausnopeuksilla sekoittavissa X-flow kanavissa luvut ovat vastaavasti 9–12. Eli lämmön ja aineensiirron suhteellinen tehokkuus kasvaa 3-...4-kertaiseksi.

- 30 Tyypillisesti polttolaitokset valmistetaan räätälöityinä kuhunkin kohteeseen ja ne asennetaan ja otetaan käyttöön toimittajan henkilökunnan toimesta. Esillä olevaista uusista laitteistoista voidaan valmistaa useamman, esim. seitsemän laitteen standardituotesarja,

joka voidaan helposti asentaa ja ohjeiden avulla ottaa käyttöön samaan tapaan kuin monet muutkin laitteet.. Tällä saavutetaan siis selkeä ero nykyisiin laitteistoihin verrattuna, joiden asennus suuresta koosta johtuen tehdään aina paikalla.

- 5 Yhdessä sovelluksessa laitteisto on luonteeltaan *plug and play* -tuote. Käynnistys ja sen ohjaus hoidetaan tällöin edullisesti internetin välityksellä. Laitteet voidaan kytkeä verkkoon, jota kautta laitteiden jatkuva käytön valvonta ja raportointi on mahdollista hoitaa.
- 10 Tiivistäen voidaan siten keksinnön eduiksi esittää seuraavat:
 - konttia ei tarvita laitosta varten vaan ainoastaan kuljetuksissa; tällä saadaan puolitettua tilavuus, laskettua painoa ja kustannuksia jopa n. 30 %;
 - sijoittamalla katalysaattorit ja lämmönsiirtimet erilleen toisistaan vältetään laitoksen ylösajossa ja tukien energian tuotossa käytettävä poltin erilleen
 - 15 katalysaattoreista; ja
 - esitetyllä ratkaisulla venttiilien käyttösylintereitä ei tarvita kuin kaksi kappaletta aiempien laitosten neljän asemesta; tällöin ohjaus nopeutuu ja yksinkertaistuu sekä virtaussuunnan vaihdon aikainen päästö pienenee.
- 20 Ohjaamalla suuntaventtiilien toimintaa ohjataan välikammioon sisään asennetulla tai asennetuilla toimielimellä/toimielimillä voidaan laitteiston kokoa edelleen vähentää tavallisiin laitoksiin verrattuna.
- 25 Laitteiston kokoa on edelleen voitu pienentää, keksinnön edullisissa sovelluksissa, lyhentämällä suuntaventtiilien iskun pituutta. Tavanomaisissa laitoksissa venttiilien iskun pituus on tyypillisesti sama kuin venttiilin aukon halkaisija. Ulkokehän poikkipinta-ala on siinä tarpeettoman suuri. Se saa olla sama kuin venttiiliaukon poikkipinta-ala. Tämä mahdollistaa nopeuden oleellisen nostamisen ja kaksitoimisen sylinterin käytön.
- 30 Keksinnön sovellutusmuotoja ryhdytään seuraavassa lähemmin tarkastelemaan oheisen piirustuksen avulla.

Esillä olevassa yhteydessä ”VOC-yhdisteitä sisältävillä kaasuilla” tai ”VOC-kaasuilla” tarkoitetaan yleisesti kaasuja, jotka sisältävä alhaalla kiehuvia, haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC). Näiden kiehumispiste on tyypillisesti alle 250 °C ja höyrynpaine 20 °C:n lämpötilassa 0,01 kPa tai sitä suurempi. Osa yhdisteistä on kaasuja jo huoneenlämmössä.

- 5 VOC-yhdisteitä ovat mm. alifaattiset ja aromaattiset hiilivedyt, klooratut hiilivdyt, sekä alkoholit, glykolit, eetteri ja esterit, sekä orgaaniset hapot, ketonit ja aldehydit. Erityisinä esimerkkeinä voidaan mainita heksaani, butaan, bentseeni, ksyleeni, styreeni, metyleeni-kloridi, dikloorietaani, trikloorimetaani, trikloorietaani ja etyyliasetaatti. Tämän lisäksi kaasun mukana saattaa kulkea palavia epäorgaanisia yhdisteitä, kuten häkää (CO), jotka
- 10 tulee myös hapettaa.

- Tyypillisiä esimerkkejä VOC-yhdisteitä sisältävistä kaasuista ovat liuottimia (liuotin-höyryjä) sisältävät kaasut teollisista prosesseista. VOC-kaasut voivat etenkin olla peräisin pinnoitteita, puhdistusaineita, liima-aineita ja painomusteita valmistavista ja niitä
- 15 käyttävistä teollisista prosesseista.

- Esillä olevassa yhteydessä käsiteltävät kaasut sisältävät tyypillisesti VOC-yhdisteitä ainakin 25 mg, etenkin ainakin 50 mg C/nm³, mutta menetelmä ja laitteisto soveltuvat myös pienempiä pitoisuuksia sisältävien kaasujen käsittelyyn.
- 20

- Yhdessä edullisessa sovelluksessa käsittelylaitteisto käsittää ainakin yhden kaasun syöttöosan, ainakin kaksi regeneratiivista lämmönsiirrintä ja ainakin yhden kaasun poisto-
osan. Käsittelylaitteistoon on liitetty ainakin yksi kaasunjako-osaa sekä ainakin yksi kaasunjakoventtiili syötettävän kaasun virtaussuunnan vaihtamiseksi regeneratiivisten
- 25 lämmönsiirtimien välillä. Kaasun poisto-osaan on liitetty poistovenktiili kaasun virtauksen ohjaamiseksi poisto-osaan.

- Yhdessä edullisessa sovelluksessa lämmönsiirtimeä käytetään sekoittavaa, metallilevystä tehty regeneratiivista lämmönsiirrintä. Tällaisen hyötysuhde on hyvin korkea (yli 90 %).
- 30 VOC- pitoisuudet ovat yleensä niin alhaisia, etteivät tuota tarpeeksi energiaa. Tarvitaan yli 90 %:n hyötysuhteella lämmönsiirrin ja matalassa lämpötilassa toimiva katalysaattori,

jottei tukien energian kulutus kasva suureksi tai jotta laitos voisi toimia ilman tukien energiaa autotermisesti.

5 Samalla uusi rakenne tekee myös lämmönsiirrinelementtien rakenteesta yksinkertaisemman ja nopeuttaa niiden valmistusta. Kaikkiaan laitteiden valmistuskustannukset alenevat yli 30 %.

10 Kuviossa 1 on esitetty uuden laitteistoratkaisun yhden sovellutusmuodon pohjan lay-out periaatekuviona.

Piirustuksen mukaisen sovellutusmuodon mukainen laitteisto VOC-pitoisten kaasujen puhdistamiseksi käsittää ainakin kaksi kammiota, 1 ja 1', jotka kumpikin sisältävät (ei-esitetyt) katalysaattorin ja lämmönsiirtimen. Katalysaattorikammioiden lämmönsiirtimet ovat tyypillisesti regeneratiivisia. Lämmön talteenottoa selostetaan alla tarkemmin.

15 Kammiot sisältävät käsiteltävän kaasun syöttöyhteen 6, 6' ja käsitellyn kaasun poistoyhteen 7, 7'.

20 Kammiot 1 ja 1' on yhdistetty toisiinsa yhdessä kammiossa (esimerkiksi kammiossa 1) hapetetun kaasun johtamiseksi toiseen kammioon (1'). Piirustuksessa kaasun virtaus on merkitty vasemmalta oikealle kulkevalla nuolella. Poistoaukko on merkitty viitenumerolla 8.

25 Kammioissa 1 ja 1' lämmönsiirtimet ja katalysaattorit on järjestetty kaskadiin, siten että puhdistettavan VOC- kaasun virtaus kulkee ensin lämmönsiirtimen ja sitten katalysaattorin kautta.

30 Ensimmäinen kammio 1 ja toinen kammio 1' on yhdistetty niitä erottavaan välitilaan 2, 3. Välitilan ensimmäinen osa, eli tulovyöhyke 2, on varustettu puhdistettavan kaasun tuloputkella 8 ja jonka toinen osa on varustettu puhdistetun kaasun poistoputkella 9.

Välitilassa 2, 3 on seinämä, etenkin katon seinämä, joka on varustettu lämmön lähteellä,

jolla voidaan tuottaa lämpöä. Lämpöä tarvitaan tyypillisesti polttoprosessin käynnistykseen. Lämpöä tarvitaan tavallisesti myös autotermisen pisteen alapuoliseen ajoon.

- 5 Yhdessä sovelluksessa laitteiston välitilaan sijoitetaan lisälämmönlähde, joka käsittää sähkövastuksia tai kaasupolttimen tai näiden kombinaation.

Puhdistettavan kaasun (tulokaasun) tuloputki 9 on yhdistetty puhdistettavan kaasun syöttöyhteeseen 6 kaasun syöttämiseksi haluttuun kammioon. Kammioiden syöttöyhteet 6
10 ja 6' on avattavissa ja suljettavissa suuntaventtiilillä 4 eli kaasunjakoventtiilillä.

Vastaavalla tavalla on puhdistetun kaasun poistoputki 10 yhdistetty käsitellyn kaasun poistoyhteeseen 7, jolloin kammioiden poistoyhteet 7 ja 7' on avattavissa ja suljettavissa suuntaventtiilillä 5 eli kaasunjakoventtiilillä.

15 Kuten kuvioista käy ilmi, katalysaattorikammiot 1, 1' ovat toisistaan erotettuja yksiköitä, jotka voidaan valmistaa erikseen ja jotka ovat kytkettävissä toisiinsa välitilan kautta. Myös välitila 2, 3 voidaan valmistaa omana yksikkönään. Tulovyöhyke 2 ja poistovyöhyke 3 ovat osa samaa kotelomaista laiteosaa, jolloin ne on toisistaan erotettu väliseinällä 11.

20 Laitteisto on näin ollen koottavissa kolmesta erillisestä laiteosasta. Reaktorin runko, johon kaikki edellä kuvatut toiminnot sijoitetaan, voidaan valmistaa kahdesta hitsatusta osasta.

Kompakti reaktorin rakenne mahdollistaa vapaamman lay-out suunnittelun. VOC-
25 polttolaitteet voidaan lastata toisesta päästä auki oleviin kuljetuskontteihin ja saavuttaa siten rahtietu. Merikuljetusten kustannukset jopa 70 %:lla, kun uudet tuotteet voidaan kuljettaa konttikuljetuksin.

30 Kuten yllä todettiin, kaasun virtausta kaasun tuloputkesta 8 tulovyöhykkeen 2 kautta ensimmäiseen katalysaattorikammioon 1 ja vastaavasti toisesta katalysaattorikammioista 1' poistovyöhykkeeseen 3 ja poistoputkeen 9 ohjataan venttiilillä, etenkin suuntaventtiilillä, jolla virtauksen suuntaa voidaan muuttaa.

Yhdessä sovelluksessa käytetään suuntaventtiiliä, jonka suunnanvaihto tapahtuu alle 0,5 sekunnissa, etenkin alle 0,25 sekunnissa, sopivimmin alle 0,15 sekunnissa, edullisesti alle 0,1 sekunnissa tai jopa alle 0,075 sekunnissa.

5

Yhdessä sovelluksessa käytetään lyhytiskuista venttiiliä. Erityisen edullisessa sovelluksessa käytetään venttiiliä, jonka ulkokehän poikkipinta-ala on yksi neljäsosa venttiilin halkaisijasta eli venttiiliaukon pinta-ala on $\frac{\pi}{4} \times D^2$ ja venttiilin ulkokehän raon pinta-ala on $\frac{\pi}{4} \times D \times D$. Etenkin tällainen ratkaisu mahdollistaa nopeuden oleellisen nostamisen ja kaksitoimisen sylinterin käytön.

10

Yhdessä sovelluksessa suuntaventtiilien toimintaa ohjataan esim. välikammioon 2, 3 asennetuilla toimielimillä 5, 5', esimerkiksi kahdella välikammion sisään asennetulla toimielimellä.

15

Yhdessä sovelluksessa käytetään kaasunjakoventtiilinä suuntaventtiiliä, jonka toimielimenä on paineilmasyylinteri.

Yhdessä sovelluksessa käytetään suuntaventtiiliä, jota käytetään kaksitoimisella sylinterillä, kuten kaksitoimisella paineilmasyylinterillä.

20

Toisessa sovelluksessa kaasunjakoventtiilinä on suuntaventtiili, jonka toimielimenä on askelmoottori, etenkin sähkömekaaninen askelmoottori.

Edullisesti suuntaventtiileitä käytetään sähkömekaanisesti askelmoottorilla. Tämä on nopea tapa ja erityisen edullinen, jos lämpötila välitilassa nousee yli 150 °C:een.

25

Molemmissa edellä mainituissa sovelluksissa venttiilien suunnanvaihto tapahtuu jopa alle 0,1 sekunnissa, kun se perinteisillä pitkäiskuisilla sylintereillä on hitaampi.

30

Yhdessä sovelluksessa käytetään suuntaventtiiliä, jonka toimielin on järjestetty tulo- ja vastaavasti poistovyöhykkeen sisälle.

Puhdistettava VOC-pitoinen kaasu johdetaan sopivimmin kaasunjakoventtiilin avulla vuorotellen laitteiston kammioihin. Vastaavasti poistetaan puhdistettu kaasu vuorotellen laitteiston kammioista. Käytännössä puhdistettu kaasu poistetaan eri (eli vastakkaisesta) kammioista kuin mihin puhdistettava kaasu syötetään.

Niinpä yhdessä sovelluksessa VOC-yhdisteitä sisältävä kaasu johdetaan ensimmäisen ajanjakson ajan ensimmäiseen katalysaattorikammioon ja toisen ajanjakson ajan toiseen katalysaattorikammioon, jolloin kaasun virtauksen suunnanvaihto ensimmäisestä katalysaattorikammioista toiseen suoritetaan suuntaventtiilillä ja jolloin suunnanvaihto tapahtuu alle 0,1 sekunnissa.

Vastaavasti puhdistettu kaasu poistetaan ensimmäisen ajanjakson ajan toisesta katalysaattorikammioista ja toisen ajanjakson ajan ensimmäisestä katalysaattorikammioista, jolloin kaasun virtauksen suunnanvaihto ensimmäisestä katalysaattorikammioista toiseen suoritetaan suuntaventtiilillä ja jolloin suunnanvaihto tapahtuu alle 0,1 sekunnissa.

Kaasun syötön suunnan vaihdon seurauksena esillä olevassa menetelmässä määritelty ”ensimmäinen” katalysaattorikammio, jossa pääosa hapetuksesta tapahtuu, on jompikumpi edellä kuvatuista kammioista, ja ”toinen” katalysaattorikammio, jossa lämpö otetaan talteen, on vastaavasti näistä kammioista toinen.

Venttiilien nopea suunnanvaihto on erittäin tärkeää, sillä regeneratiivisissa polttolaitoksissa lähes kaikki päästöt syntyvät suunnanvaihtojen aikana. Tunnetuissa ratkaisuissa on vaikeaa saavuttaa 20 mg/nm³ etenkin suuremmilla päästöillä. Esillä olevalla teknologialla on mahdollista saavuttaa 5 mg/nm³ raja ilman mitään poistokaasun jälkikäsittelyä.

”Suunnanvaihto” tarkoittaa sitä, että kaasun virtaus muutetaan tapahtuvaksi eri vyöhykkeeseen eli eri kammioon. Tällöin kaasun virtaus yhteen vyöhykkeeseen (kammioon) lakkaa ja virtaus toiseen vyöhykkeeseen (kammioon) alkaa. Kaasun virtausta säädetään sopivimmin suuntaventtiilillä.

Suunnanvaihdon aika on etenkin se aika, joka kuluu venttiilin sulkemiseen, eli aika joka kuluu siitä, että venttiili on täysin (100 %) auki siihen, että se on täysin (100 %) kiinni. Samalla avataan kulku toiseen kammioon, jolloin aukaisuun menee sama aika, mutta etenkin erillisillä sylintereillä aukaisu tapahtuu yleensä hieman nopeammin kuin

5 sulkeminen, mikä johtuu virtaavan kaasun paineesta.

VOC-yhdisteitä sisältävän kaasun hapetuksesta, eli poltosta, vapautuu lämpöä. Tämä otetaan sopivimmin talteen. Yhdessä sovelluksessa laitteisto on varustettu lämmönsiirtimillä. Yhdessä sovelluksessa lämmönsiirtimet ovat ainakin toiseen,

10 sopivimmin molemman katalysaattorivyöhykkeen yhteyteen järjestettyjä.

Yhdessä sovelluksessa pääosa VOC-yhdisteitä sisältävän kaasun poltosta saatavasta lämmöstä otetaan talteen toisen katalysaattorivyöhykkeen (1 tai 1' aina virtaussuunnan mukaan) lämmönsiirtimillä. ”Pääosa” tarkoittaa tällöin yli 50 %, etenkin yli 60 %,

15 sopivimmin 70–100 %, esimerkiksi noin 75–100 % VOC-yhdisteiden hapetuksen yhteydessä vapautuvasta lämpömäärästä.

Edellä esitetyn sovelluksen mukaista laitteistoa käytetään seuraavasti.

20 VOC-pitoinen kaasu johdetaan laitteiston tulovyöhykkeeseen tyypillisesti (ei-esitetyllä) puhaltimella, etenkin puhaltimella, jonka eteen on järjestetty partikkelisuodatin. Kaasu kulkee venttiilin 4 ohjaamana (ei-esitetyn) lämpövaraston läpi ensimmäiseen katalysaattoriin 1, jossa pääosa VOC-päästöistä hapettuu. Sen jälkeen kaasu kulkee toisen katalysaattorin 2 läpi jossa loput VOC-päästöistä hapettuvat. Katalyyttinen poltto

25 suoritetaan n. 300 °C:ssa. Sitten kaasu kulkee (ei-esitetyn) lämmönvaraajan läpi ja luovuttaa siihen pääosan lämmöstä. Sen jälkeen kaasu kulkee poistoventtiilin 4' ja takakammion 3 kautta poistoputkeen.

Katalyyttisen polton katalyytiksi soveltuvat kaupalliset hapetuskatalysaattorit, kuten jalometallikatalyytit, esimerkiksi Pt- tai Pd-hiilellä. Voidaan myös käyttää erilaisia honeycomb-ratkaisuja ja muita monikerros-katalyyttirakenteita.

30

Yhdessä sovelluksessa käytetään Pt/Pd-katalysaattoreita, etenkin metallikennoisia Pt/Pd-katalysaattoreita, joissa on sekoittava ristivirtaus-kennorakenne. Nämä toimivat useimmille hiilivedyille noin 300 °C:n lämpötilassa. Jalometallilataus on esimerkiksi 30 g/ft³.

- 5 Jalometallikatalysaattorien erityisenä etuna on seikka, että niiden avulla saadaan käsiteltäviin kaasuihin sisältyvät, palavat epäorgaaniset yhdisteet, kuten häkä, hapetettua. Tämä voi tapahtua jo noin 150 °C:ssa, mikä edesauttaa varsinaisten VOC-päästöjen hapettamista.
- 10 Esillä olevalla ratkaisulla VOC- päästöt alenevat yli 99,5 %. Laitteistolla voidaan puhdistaa VOC-kaasuja siten, että poistokaasun VOC-pitoisuus on pienempi kuin noin 5 mg/nm³. Edullisesti esillä olevalle ratkaisulla saavutetaan tämä 5 mg/nm³:n päästöraja jopa tilanteissa, joissa autoterminen piste on 0,5 g/nm³ tai sitä pienempi.

- 15 Laitteisto sopii teollisuuden liuotinpäästöjä sisältävien kaasujen käsittelemiseksi.

Yhdessä sovelluksessa käsitellään kaasuja, joiden VOC-yhdisteiden pitoisuus on ainakin 25 mg, esim. ainakin 50 mg C/nm³.

- 20 Laitteistorakenne vähentää merkittävästi laitteiston kokonaistilavuutta. Tähän vaikuttaa myös kammion sisäisten sähkö- tai paineilmatoimisten toimilaitteiden (kuten sylinterien) käyttö, millä voidaan välttää perinteisissä polttolaitosten 4–6 pitkävartiset paineilmasylinterit. Kaikki tehdyt muutokset tekniikan tasoon nähden pienentävät laitekokoa yli 50 %:lla.

25

Niinpä edellä esitetyn rakenteen mukainen laitteisto, jonka kapasiteetti on suurempi kuin 20.000 nm³/h, voidaan valmistaa tilavuudeltaan pienemmäksi kuin 15 m³.

30

Vertailun vuoksi voidaan mainita, että sellaisen perinteisen tekniikan mukaisen laitoksen tilavuus on 37 m³, jonka kapasiteetti on 16.000 nm³/h.

Uusi laitteisto on siten 60 % pienempi suuremmasta kapasiteetista huolimatta. Tämän myötä laitteiston paino aikaisempiin verrattuna alenee pienimmilläänkin yli 30 %:lla.

Suurimmat edut aiempiin malleihin ovat:

- 5 – Konttia ei tarvita laitosta varten vaan ainoastaan kuljetuksissa. Tällä saadaan puolitettua tilavuus, laskettua painoa ja kustannuksia n. 30 %
- Katalysaattorit ja lämmönsiirtimet on siirretty erilleen toisistaan. Tällä vältetään laitoksen ylösajossa ja tukien energian tuotossa käytettävä poltin erilleen katalysaattoreista.
- 10 – Venttiilien käyttösylintereitä ei tarvita kuin kaksi kappaletta aiempien laitosten neljän asemesta. Ohjaus nopeutuu ja yksinkertaistuu sekä virtaussuunnan vaihdon aikainen päästö pienenee.

Todettakoon vielä, että vaikka edellä on kuvattu kahdesta kammioista koostuva rakenne, on tietenkin mahdollista toteuttaa esitetty rakenne useampikammioisena (esim. 3–6 kammioisena). Tällaisia useita kammioita voi olla järjestettyinä kaskadiin tai rinnakkain.

Viitenumeroluettelo

	1, 1'	katalysaattorikammiot
20	2	kaasun tulokammio
	3	kaasun poistokammio
	4, 4'	suuntaventtiili
	5, 5'	suuntaventtiilin toimitin
	6, 6'	kammion tuloyhde
25	7, 7'	kammion poistoyhde
	8	kammion poistoaukko
	9	kaasun tuloputki
	10	kaasun poistoputki
	11	väliseinä

30

Viitejulkaisut

FI 10329

CN 203642204

5 WO 2011067471

Patenttivaatimukset

1. Laitteisto VOC-pitoisten kaasujen puhdistamiseksi, joka laitteisto käsittää

- ainakin kaksi kammiota (1, 1'), jotka sisältävät katalysaattorin, joka on järjestetty
5 hapettamaan VOC-yhdisteitä kammioon syötettävästä kaasusta, jotka kammiot
sisältävät käsiteltävän kaasun syöttöyhteen (6, 6') ja käsitellyn kaasun poistoyhteen
(7, 7'),
- jolloin kammiot (1, 1') on yhdistetty toisiinsa yhdessä kammiossa hapetetun kaasun
johtamiseksi toiseen kammioon, jolloin
- 10 – kammioissa on lämmönsiirtimet VOC-yhdisteiden hapetuksessa vapautuvan
lämmön talteenottamiseksi,

t u n n e t t u siitä, että

- ensimmäinen ja toinen kammiot on yhdistetty niitä erottavaan välitilaan (2, 3), jonka
ensimmäinen osa on varustettu puhdistettavan kaasun tuloputkella (8) ja jonka
15 toinen osa on varustettu puhdistetun kaasun poistoputkella (9), jolloin
- puhdistettavan kaasun tuloputki on yhdistetty suuntaventtiilillä (4) puhdistettavan
kaasun syöttämiseksi haluttuun kammioon.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen laitteisto, t u n n e t t u siitä, että puhdistetun kaasun
20 poistoputki on yhdistetty suuntaventtiilillä (4') käsitellyn kaasun poistoyhteeseen (9).

3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen laitteisto, t u n n e t t u siitä, että suunta-venttiilin
(4, 4') toimielimenä on paineilmasylinteri, kuten kaksitoiminen paineilmasylinteri, tai
askelmoottori, etenkin sähkömekaaninen askelmoottori, jolloin sanottu toimielin on
25 sopivimmin laitteiston sisälle sovitettu.

4. Jonkin patenttivaatimuksen 1–3 mukainen laitteisto, t u n n e t t u siitä, että
katalysaattorikammioiden (1, 1') lämmönsiirtimet ovat regeneratiivisia.

30 5. Jonkin patenttivaatimuksen 1–4 mukainen laitteisto, t u n n e t t u siitä, että

välitilassa (2, 3) on seinämä, etenkin katon seinämä, joka on varustettu lämmön lähteellä, jolla voidaan tuottaa lämpöä, jota tarvitaan esimerkiksi polttoprosessin käynnistykseen tai autotermisen pisteen alapuoliseen ajoon.

- 5 6. Jonkin patenttivaatimuksen 1–5 mukaisen laitteiston käyttö VOC-pitoisten kaasujen puhdistamiseksi.

Patentkrav

1. Anläggning för rening av VOC-haltiga gaser, vilken anläggning omfattar
 - åtminstone två kammare (1, 1'), vilka innehåller en katalysator, som är anordnad att
 - 5 oxidera VOC-föreningar från gas matad in i en kammare, vilka kammare innehåller
 - en inloppsanslutning (6, 6') för gas avsedd att behandlas och en utloppsanslutning
 - (7, 7') för den gas som behandlats,
 - varvid kamrarna (1, 1') är anslutna till varandra för att leda gas oxiderad i en
 - kammare till en annan kammare, varvid
 - 10 – kamrarna uppvisar värmeväxlare för att ta till vara värme, som frigörs vid
 - oxideringen av VOC-föreningarna,
- k ä n n e t e c k n a d av att
 - den första och den andra kammaren är anslutna till ett mellanutrymme (2, 3), som
 - åtskiljer dessa, vilket mellanutrymmes första parti är utrustat med ett inloppsrör (8)
 - 15 för gas avsedd att renas och vars andra parti är utrustat med ett utloppsrör (9) för
 - den renade gasen, varvid
 - inloppsröret för gas avsedd att renas är anslutet medelst en riktventil (4) för att mata
 - den gas som är avsedd att renas till önskad kammare.
- 20 2. Anläggning i enlighet med patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a d av att utloppsröret för
- den renade gasen är anslutet medelst en riktventil (4') till utloppsanslutningen (9) för den
- behandlade gasen.
3. Anläggning i enlighet med patentkrav 1 eller 2, k ä n n e t e c k n a d av att rikt-
- 25 ventilens (4, 4') driftselement utgörs av en tryckluftscylinder, såsom en bifunktionell
- tryckluftscylinder eller en stegmotor, i synnerhet av en elektromekanisk stegmotor, varvid
- nämnda driftselement är lämpligast anordnat inne i anläggningen.
4. Anläggning i enlighet med något av patentkraven 1–3, k ä n n e t e c k n a d av att
- 30 katalysatorkamrarnas (1, 1') värmeväxlare är regenerativa.
5. Anläggning i enlighet med något av patentkraven 1–4, k ä n n e t e c k n a d av att

mellanutrymmet (2, 3) uppvisar en vägg, i synnerhet en vägg från taket, som är utrustad med en värmekälla, medelst vilken värme kan produceras, som behövs för att t.ex. starta en förbränningsprocess eller för drift under den autotermiska punkten.

- 5 6. Användningen av en anläggning i enlighet med något av patentkraven 1–5 för att rena VOC-haltiga gaser.

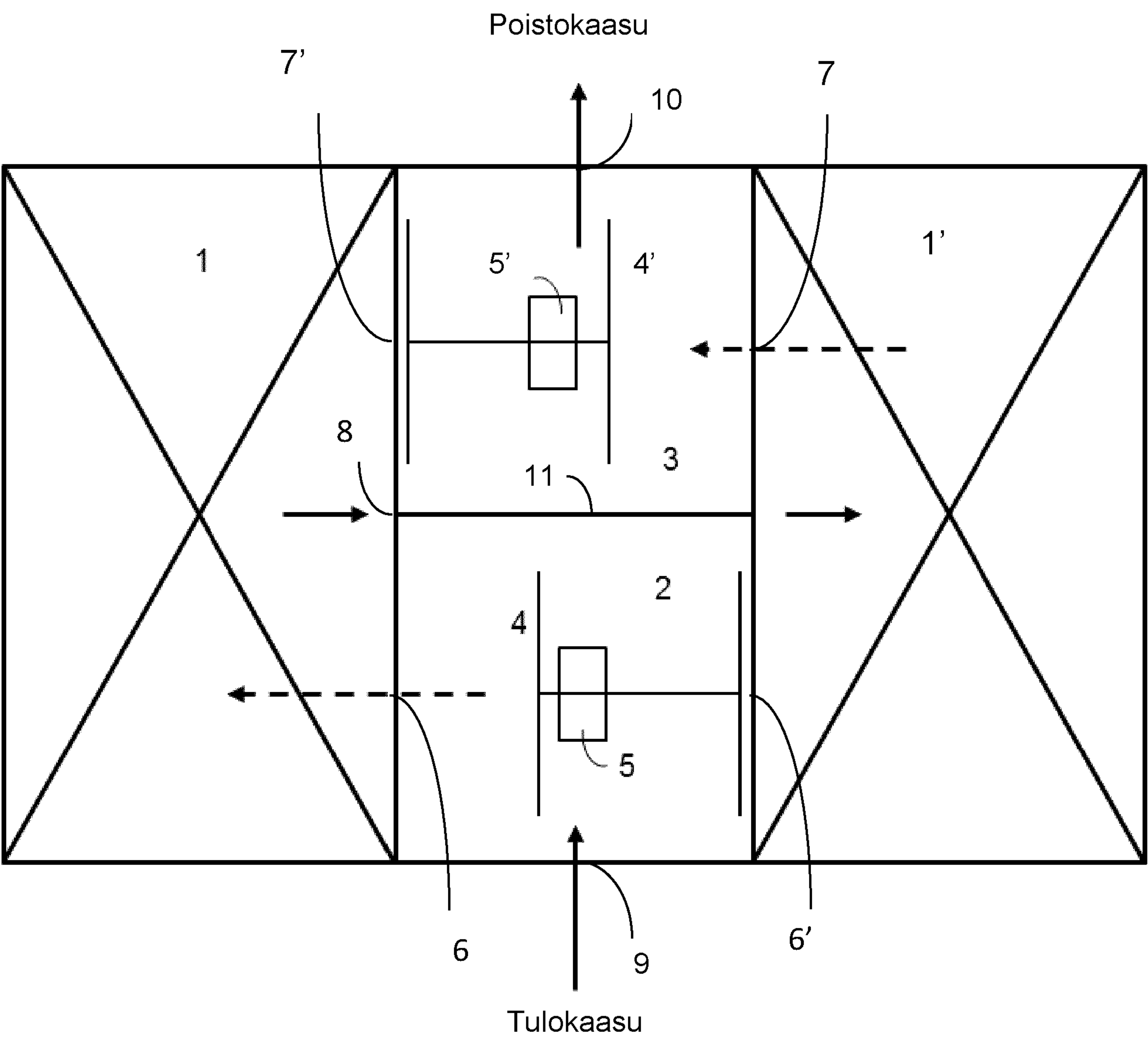


Fig. 1