

19



Octrooiraad
Nederland

11 Publikatienummer: **9100490**

12 **A TERINZAGELEGGING**

21 Aanvraagnummer: **9100490**

51 Int.Cl.⁵:
**F23D 11/10, F23D 1/02,
F23D 14/02**

22 Indieningsdatum: **20.03.91**

43 Ter inzage gelegd:
16.10.92 I.E. 92/20

71 Aanvrager(s):
Gustaaf Jan Witteveen te Molenhoek

72 Uitvinder(s):
Gustaaf Jan Witteveen te Molenhoek

74 Gemachtigde:
**Ir. G.F. de Wit c.s.
Octrooi- en Merkenbureau de Wit B.V.
Breitnerlaan 146
2596 HG 's-Gravenhage**

54 **Inrichting voor het mengen van een gasstroom met een mengstof, brander waar een dergelijke inrichting in is toegepast en werkwijze voor het bedienen van de brander**

57 De uitvinding betreft een inrichting voor het mengen van gas, vloeistof of poedervormige vaste stof met een draaggas, waarbij het draaggas in werveling wordt gebracht om een as in zijn stromingsrichting, waarna de om die as wervelende gasstroom wordt vernauwd en tijdens of na belading met de bij te mengen stof plotseling verwijdt, waardoor vortex break down optreedt en een bijzonder goede menging en of atomisering van de mengstof wordt verkregen. Toepassing in een brander verbetert het verbrandingsresultaat, kan het NO_x-gehalte laag houden en voorkomt afblazen van de vlam.

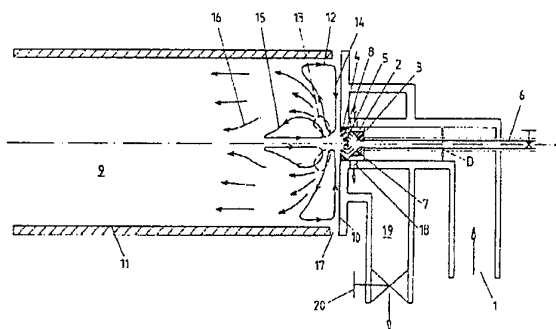


FIG. 1

NL A 9100490

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

Inrichting voor het mengen van een gasstroom met een mengstof, brander waar een dergelijke inrichting in is toegepast en werkwijze voor het bedrijven van de brander.

De uitvinding heeft betrekking op het mengen van een gasstroom met een gasvormige, vloeibare of poedervormige stof, zoals een brandstof, waarbij een geleidingslichaam (drallichaam) voor de gasstroom is ingericht een in hoofdzaak
5 cilindrische stroom in een in hoofdzaak cilindrisch buisstuk af te geven met een axiale component in de asrichting van het buisstuk en een rotatiecomponent, die uit een werveling om de as van het buisstuk bestaat.

10 Dergelijke drallichamen zijn in velerlei vormen bekend.

De uitvinding berust op het inzicht, dat een gasstroom met een sterke rotatie om de as van de stroom in vergelijking met de axiale component bij verruiming van de middellijn
15 van de stroom aanleiding geeft tot een plotselinge en zeer sterke wervelvorming in de stroom, in het volgende aangeduid als "vortex break down". Deze vortex break down uit zich in een uiteenspatten of explosie van de straal onder vorming van zeer sterke plaatselijke wervelingen, die tot een
20 uitermate intensieve menging van de stoffen die zich in de stroming bevinden, leidt.

Teneinde een werveling op te bouwen, die geschikt is voor een vortex break down wordt er volgens de uitvinding in
25 voorzien, dat het buisstuk in de richting van de axiale component een vernauwing heeft. Daarbij wordt er op gewezen, dat de vernauwing zowel uit een materiële versmalling van het buisstuk kan bestaan als uit een gas, dat wordt toegevoerd met een radiale component en dat de straal in radiale richting
30 samendrukt als wel uit een radiale component van de straal, die deze een vernauwing doet ondergaan.

9100490.'

- Bij vernauwing van een om zijn as roterende straal wordt middels de corolis-krachten de aan de straal toegevoerde arbeid omgezet in rotatie-energie. Daardoor wordt de verhouding tussen de rotatiecomponent, vooral bij de buitenzijde van de straal, en de translatiecomponent groter. Dit geeft een drukverlaging in het hart van de straal, die kan leiden tot een onderdruk, waardoor in principe een tegen de axiale richting van de stroom in gerichte stroming kan ontstaan.
- 5
- 10 Bij voorkeur wordt bij de uitvinding er in voorzien, dat de vernauwing de middellijn van het buisstuk terugbrengt tot 0,8 - 0,4 van de middellijn vóór de vernauwing. Binnen dit bereik, dat uitsluitend een voorkeursbereik is, kan met een drukverschil voor de aandrijving van de straal van 3 tot 5 cm
- 15 water (300 tot 500 N/m²) in de praktijk vortex break down bereikt worden.

- Ingeval van een materiële stroomvernauwing wordt er bij voorkeur in voorzien, dat de vernauwing een in de stromings-richting toenemende hoek met de as van het buisstuk insluit.
- 20

- Bij voorkeur wordt er daarbij in voorzien, dat de vernauwing bij haar einde een hoek met de as insluit van meer dan 50°. Hierbij wordt er op gewezen, dat ook bij kleinere hoeken van het einde van de vernauwing met de as goede resultaten verkregen kunnen worden, maar dat bij hoeken van 50 tot ongeveer 60° een voldoende snelle compressie van de straal gecombineerd kan worden met een korte looptijd en daardoor geringe stuwing en vorming van micro-turbulentie in de roterende stroming zelf.
- 25
- 30

- Volgens een nader aspect van de uitvinding kan er in worden voorzien, dat het geleidingslichaam slechts met de buitenschil van het buisstuk is verbonden. Dit betekent, dat het binnen-gebied van de straal, dus het gebied binnen de buitenschil, ook ter beschikking komt voor de axiale stroming van de straal. Daardoor is het mogelijk onder het opvoeren van de rotatiecomponent van de straal de totale doorsnede groter te
- 35

9100490.

laten worden doordat het dwarssnede-oppervlak van de buitenschil kleiner is dan het totale doorsnede-oppervlak in de vernauwing. Dit betekent een verlaging van de axiale stromings-
5 de rotatiecomponent en de axiale component van de stroming.

Volgens nog een nadere uitwerking van de uitvinding kan er in worden voorzien, dat aan de achterzijde van het buisstuk een achtervlak aanwezig is met een opening voor het toevoeren
10 van de mengstof. Belangrijk is daarbij, dat in het centrum van de straal een onderdruk ontstaat met een terugstroming bij de as. Deze slaat de mengstof op het achtervlak. Hierbij zal de sterke rotatie ertoe bijdragen, dat wanneer de mengstof een vloeistof zoals olie is, deze langs het oppervlak
15 van dit achtervlak beweegt. Hierdoor wordt bereikt, dat de vloeistof kan worden meegenomen naar de meer naar buiten gelegen gebieden van de werveling, waar de snelheid van de wervelstroom hoog is, zodat de vloeistof fijn verneveld kan worden.

20

Een nadere verfijning hiervan bestaat daarin, dat het achtervlak conisch verwijd is in de stromingsrichting. Hierdoor wordt bereikt, dat de zwaartekrachtcomponent, die op de mengstof werkt, gedeeltelijk gecompenseerd wordt door de
25 helling van het achtervlak, waardoor betere symmetrische afvoer van de mengstof verkregen wordt.

Zoals reeds is vermeld, behoeft de vernauwing niet een materiële doorsnedeverkleining van een materiële buis te
30 zijn. Dienovereenkomstig wordt er volgens een uitvoeringsvorm van de uitvinding in voorzien, dat de vernauwing gevormd wordt door een gasstroom, die met een radiaal naar binnen gerichte component aan de omtrek van het buisstuk wordt toegevoerd. Uiteraard zal, teneinde grote verschillen in stromings-
35 snelheid bij het treffen van deze gasstroom en de wervelende gasstroom te vermijden, er voor gezorgd worden, dat de vernauwing veroorzakende gasstroom eveneens een wervelbeweging en eventueel een axiale beweging heeft.

9100490.

- Het is ook mogelijk het geleidingslichaam zodanig uit te voeren, dat de stroom die het geleidingslichaam verlaat zelf voor de vernauwing zorgt. Dienovereenkomstig wordt er in dit geval in voorzien, dat het geleidingslichaam is ingericht
- 5 rondom het buisstuk een gasstroom met naast de tangentiële component een naar binnen gerichte radiale component door het cilindervlak van het buisstuk toe te voeren. Zoals reeds eerder is vermeld, zal de vortex break down optreden bij verwijding van de stromingsdoorsnede. Daarbij verdient het
- 10 aanbeveling, dat deze verwijding abrupt is en bij voorkeur de stromingsdoorsnede tenminste vijfmaal vergroot ten opzichte van die van de vernauwing voor kleine branders (tot ca. 50 kW) en voor grote ongeveer 2,5 à 3,5.
- 15 Het bovenstaande is gunstig gebleken voor het bedrijven van een brander, die van een inrichting als in het bovenstaande omschreven is voorzien. Een dergelijke brander heeft door de vortex break down een bijzonder sterke menging van brandstof met verbrandingslucht in een zeer kort bereik. Bovendien is
- 20 gebleken, dat in het gebied direct achter de verwijding een wervel optreedt, die niet alleen een rotatiecomponent rondom de as van de stroming heeft, maar tevens een rotatie daar loodrecht op, hetgeen dus betekent, dat gas wordt teruggevoerd naar de achterwand van de verwijding en vandaar weer
- 25 terug naar de vlamvoet. Dit betekent, dat de vlamvoet tevens reeds een geheel of gedeeltelijk verbrand en afgekoeld gasmengsel ontvangt, waardoor de verbrandingstemperatuur lager blijft en bijgevolg de vorming van stikstofoxyden wordt tegengegaan.
- 30 Wanneer een brander zodanig wordt bedreven, dat vortex break down optreedt is het mogelijk er voor te zorgen, dat de middellijn van de branderconus een zodanig verloop heeft, dat voorbij een door de uiteenspatting van de straal veroorzaakt onderdrukgebied een stabiel gaslichaam optreedt, dat
- 35 terugstroming van gas vanaf het eindgebied van de branderconus naar het onderdrukgebied voorkomt. Mocht de wervel

direct na de verwijding reeds een belangrijke rol spelen bij het voorkomen van afblazen van de vlam, dit aangegeven verloop van de branderconus, waardoor voldoende wegstromend gas naar binnen wordt gebogen, zorgt nog verder voor het
5 verhinderen van afblazen van de vlam. Daarbij wordt er op gewezen, dat door toepassing van de uitvinding een groot gedeelte van de stromingsenergie de vorm van turbulenties heeft en daardoor op zichzelf reeds afblazen wordt tegengegaan. In de praktijk kan een stabiele brander van betrek-
10 kelijk geringe afmetingen worden verkregen waarin afblazen van de vlam is uitgesloten.

Bovendien kan de vorming van stikstofoxyden worden tegengegaan door er in te voorzien, dat de achterwand van de
15 branderconus gekoeld is.

Verder kan van de gevormde wervel bij de verwijding bij de brander nog gebruik gemaakt worden door een inlaatspleet voor lucht, afgas of door verbranding te vernietigen afvalgas
20 in de branderconus nabij het achtervlak daarvan aan te brengen. Deze spleet trekt één van deze gassen naar het centrum, alwaar deze koele lucht voor een verlaging van de temperatuur van de vlamvoet zorgt.

25 Teneinde een brander te verschaffen waarin de uitvinding is toegepast, die goed regelbaar is, zal het duidelijk zijn, dat de luchtsnelheid, ook bij een lagere stand en dus geringere luchttoevoer aan minimumeisen moet voldoen. Dien-
overeenkomstig wordt er volgens een nadere uitwerking van de
30 uitvinding in voorzien, dat een regelbare luchtaftakking aanwezig is van lucht, die door het geleidingslichaam is gegaan.

Zoals nog nader besproken zal worden, geeft een analytisch onderzoek van de stroming voor en voorbij de vernauwing aan,
35 dat geen oplossingen bestaan voor een continue stroming bij voldoende hoge wervelintensiteit en verwijding van de stromingsdoorsnede. Dit onderzoek heeft ertoe geleid, dat wanneer de vergelijking

9100490.

$$\frac{U_1}{U_0} = 1 + \left(\frac{k^2 r_0^2}{k^2 r_1^2} - 1 \right) \cdot \frac{\frac{1}{2}k r_1}{J_1(kr_1)} \cdot J_0(kr_1).$$

- 5 waarin U_0 = axiale snelheid in de vernauwing;
 U_1 = axiale snelheid in de branderconus;
 $k = 2 \Omega / U_0$ met Ω = de hoeksnelheid en
 J_0 en J_1 Besselfuncties van de nulde en de eerste orde zijn,
 geen reële oplossing heeft vortex break down te verwachten is.
- 10 De formules zijn evenwel afgeleid op grond van dissipatie en
 turbulentievrije stroming, hetgeen uiteraard niet volledig
 met de werkelijkheid overeenkomt, zodat deze formules slechts bij wijze
 van aanduiding aangeven, of vortex break down zal optreden.
- 15 De uitvinding wordt in het volgende nader toegelicht aan de
 hand van de tekening, waarin:
- fig. 1 schematisch een brander voorzien van de uitvinding en
 de daarin optredende stromingen toont;
- 20 fig. 2 schematisch het optreden van de ringwervel aangeeft;
 fig. 3 het stromingsbeeld ter voorkoming van terugstroming
 toelicht;
- fig. 4 schematisch een doorsnede door een wervelinrichting
 volgens de uitvinding toont;
- 25 fig. 5 een schematische doorsnede door een andere uitvoerings-
 vorm toont; en
 fig. 6 een grafiek toont ter toelichting van de analytische
 methode ter bepaling van vortex break down.
- 30 In fig. 1 is met 1 een luchttoevoer aangeduid voor een
 brander, waarbij de lucht een drukverhoging heeft ondergaan
 tot 5 cm waterkolom oftewel 500 N/m². Deze lucht wordt via
 axiaal en tangentieel gerichte spleten 2 toegevoerd aan een
 wervelkamer 3. Deze wervelkamer heeft bij zijn uittredezijde
 35 een vernauwing 4, waardoor de werveling van de lucht nog
 versterkt wordt alvorens deze uittreedt. De sterke werveling
 leidt tot een onderdruk in het axiale gebied en daardoor een
 terugstroming, als schematisch aangegeven met de stroomlijnen 5.

Door een centrale olietoevoerleiding 6 wordt olie toegevoerd aan het conische achtervlak 7 van de wervelruimte 3. Door de terugstroming en werveling van de lucht in de wervelkamer 3 wordt olie langs de conus 7 naar buiten gedreven om via de wanddelen tussen de doorlaten 2 het naar de opening 4 toelopende oppervlak te bereiken, waar de wervelende luchtstroom 8 voor het langs dit oppervlak bewegen zorgt van de olie in een dunne laag met betrekkelijk grote snelheid. In de vernauwing 4 heeft dan het loslaten van de oliefilm plaats, die direct al verstuift. Door de vortex break down, die direct na de vernauwing 4 in de branderconus 9 optreedt, heeft dan een uitermate fijne verneveling plaats. Deze branderconus heeft een achtervlak 10 en een als cilinder getekende conuswand 11.

De uit de wervelruimte 3 tredende stroming spat onder zeer sterke turbulentievorming uit elkaar, waarbij axiaal een onderdruk ontstaat en een terugstromingswervel 12, die langs de achterwand 20 stroomt en mede door de onderdruk die door de plaatselijke stromingssnelheid ontstaat zich stabiel aan deze achterwand hecht.

Wanneer de vlam is aangestoken heeft een zeer geconcentreerde verbranding plaats in het met een stippellijn aangegeven gebied 13, waarbij evenwel de terugstroom 14 uit de wervel 12 voor vlamkoeling zorgt. In het centrale gedeelte voor de uitmonding van de straal uit de wervelkamer 3 treedt een onderdruk op en daardoor kan een werveling optreden als is aangegeven met 15. Ook deze werveling is stabiel en laat zich niet afblazen. Omdat de hoofdstroom zoals bij 16 is aangegeven, zich weer naar de as van de branderconus toe beweegt, is het uitgesloten, dat gas vanuit het uitgangsgebied van de brander of zelfs maar het middengebied terugstroomt naar het gebied waar zich de vlam bevindt.

De spleet 17 tussen de branderconus 11 en het achtervlak 10 kan voor de toevoer van secundaire lucht zorgen, indien dat gewenst is. Bovendien kan het achtervlak 10 gekoeld zijn, bijvoorbeeld met water ingeval de brander gebruikt wordt voor het verwarmen van water in bijvoorbeeld een centrale verwarmingsketel. In plaats van secundaire lucht kan ook afgas of een te verbranden gasvormig produkt worden toegevoerd, waarbij de zeer intensieve menging door de vortex break down voor een zeer volledige verbranding zorgt.

9100490.

Omdat voor het verkrijgen van vortex break down bij regeling van de brander de rotatiesnelheid weinig of niet mag dalen, kan een regeling verkregen worden door verbrandingslucht op de volle snelheid te brengen en dan een gedeelte van deze
5 lucht terug te voeren, zoals schematisch is aangegeven met de spleten 18, die verbinding geven met een ruimte 19, die via een regelkraan 20 een luchtafvoer heeft.

De brander volgens deze figuur heeft niet alleen een hoge
10 stabiliteit tegen afblazen en een bijzonder sterke menging van verbrandingslucht met brandstof en daardoor een kort vlamtraject, maar zorgt er tevens voor, dat een mengsel, dat zuurstof en stikstof bevat slechts zeer korte tijd op hoge temperatuur is. Dit is een aanvullende reden, waarom
15 deze brander weinig stikstofoxyden geeft.

De getekende wervelruimte 3 ontvangt zijn roterende gas via de spleten 2. De axiale snelheid van de uittredende lucht is nu omgekeerd evenredig met het doorsnedeoppervlak van de
20 ringvormige spletenzone 2 en de cirkelvormige uitlaat in de vernauwing. Het is zeer wel mogelijk, dat deze laatste groter is dan de doorsnede van de ringspleet, in welk geval de axiale snelheid kleiner is bij het uittreden uit de wervelkamer dan bij het intreden daarvan, hetgeen de verhouding
25 tussen de rotatiesnelheid en de axiale snelheid nog verder vergroot.

Fig. 2 toont schematisch het geval, dat een drallichaam 21, dat een werveling geeft met overal dezelfde hoeksnelheid om
30 de as (solid body vortex), welke werveling via de vernauwing 22 naar een ruimere stromingsbuis 23 wordt gevoerd, waarbij weer vortex break down optreedt en de ringvormige werveling 24 . Ook deze inrichting geeft een bijzonder intensieve dooreenmenging van de gasstroom, bijvoorbeeld wanneer deze een
35 menggas, een mengvloeistof of poederdeeltjes bevat. Daarbij wordt erop gewezen, dat de uitvinding in hoge mate geschikt is voor het verbranden van poedervormige brandstof zoals steenkooldeeltjes, maar ook aluminium dat tot aluminiumoxyde

kan verbranden, hetgeen mogelijkerwijs bij winning van zonne-energie van belang kan zijn wanneer door middel van zonne-energie aluminiumoxyde gereduceerd kan worden en het aluminium later weer als energiebron verbrand.

5

In fig. 3 is nader toegelicht, hoe een wervellichaam voor de uittredeopening van de wervelkamer ontstaat, dat terugstroming van lucht geheel of nagenoeg geheel verhindert.

10 In de schets van fig. 3 ontstaat bij het punt 25 door de vortex break down een onderdruk, waardoor de met de pijl 26 aangegeven stroming dreigt te ontstaan. De conuswand 27 duwt echter de uitstromende gassen, waarvan het volume door de verbranding aanmerkelijk is toegenomen, terug naar de as van de buis zoals aangegeven met de pijlen 29. Dit zorgt
15 ervoor, dat de stroming 26 gering blijft of zelfs onderbroken wordt, terwijl het stromingslichaam 30 door de onderdruk bij 25 en de onderdruk die ontstaat door de snelle beweging van de gassen in de onmiddellijke nabijheid daarvan, gestabiliseerd blijft en niet wordt afgeblazen.

20

Fig. 4 toont een schematische doorsnede, waarbij een gunstige vorm van de vernauwing is weergegeven. Gebleken is, dat een te steile vernauwing tot een zekere stuwing aanleiding geeft en dat een te vlakke een te grote axiale lengte in beslag
25 neemt en daardoor aanleiding geeft tot teveel wrijving. In het voorbeeld van fig. 4 is de hoek die de vernauwing met de as maakt bij het einde van de vernauwing iets kleiner dan 60° .

30 In fig. 5 is nog een verdere uitvoeringsvoorbeeld van de uitvinding schematisch aangegeven. Hierin is weer de luchttoevoerspleet 2 zichtbaar, waardoor axiaal wervelende lucht de ruimte 31 betreedt, zoals met de pijl 32 is aangegeven. Deze pijl buigt naar binnen toe, omdat vanuit een krans of
35 ringspleet 33 radiaal naar binnen stromend en tangentieel wervelend gas wordt toegevoerd, dat bij voorkeur ook nog een axiale snelheid heeft, hetgeen evenwel in fig. 5 niet is getekend. Deze lucht dwingt de wervelende lucht die uit de

9100490.

ringspleet 2 komt naar binnen toe, waardoor deze een vernauwing ondergaat en daardoor een vergroting van de werveling.

5 Bij een ringspleet met een breedte van $1/8$ tot $1/4$ van de buitenmiddellijn D en een vernauwing met een middellijn van een $\frac{1}{2}D$ (zie fig. 1, 2 en 4) werd bij een axiale snelheid in de spleet die gelijk is aan de rotatiesnelheid aldaar een zeer stabiel brandende brander verkregen met een buitenmiddellijn van de spleet van 17,5 mm, een binnenmiddellijn
10 van de vernauwing van 12 mm en een middellijn van de branderconus van 90 mm. Een dergelijke brander kan een druk van de toegevoerde verbrandingslucht van 1000 N/m^2 hebben zonder dat gevaar van afblazen optreedt.

15 De uitvinding verschaft niet alleen een compacte en zeer stabiele brander, maar kan ook dienen om een sproeier te vervaardigen met groot regelbereik. Een dergelijke brandersproeier heeft ten opzichte van conventionele drukverstuivers twee voordelen:

- 20 1) bij lage oliedoorstroming is de verstuiving beter dan bij hoge oliedoorstroming. Omdat evenwel bij hoge doorstroming de vlam langer is en bijgevolg meer ruimte bestaat waarin menging kan optreden, wordt een gelijkmatige verbrandingskwaliteit bij grotere en kleinere oliedoorstroming
25 verkregen.
- 2) een goede luchtkoeling, waardoor vervuiling of verstopping bij hoge temperaturen voorkomen wordt.

Daardoor is de uitvinding geschikt als sproeier voor willekeurige typen van branders voor het mengen van brandstof met
30 verbrandingslucht voor willekeurige toepassingen met groot regelbereik.

Ter adstructie van het verschijnsel van vortex break down
35 wordt het volgende opgemerkt.

In een rotatie-symmetrische tweedimensionale, continue stroming kan uit de continuïteitsvergelijking $\vec{\nabla} \cdot \vec{u} = 0$

het bestaan van een stroomfunctie ϕ worden afgeleid: $U_z = \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial r}$

en $U_r = -\frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial z}$.

- 5 Indien geen externe krachten aanwezig zijn, en de invloed van de viscositeit wordt verwaarloosd, wordt Navier-Stokes:

$$\frac{D\vec{u}}{Dt} = \vec{u} \cdot \nabla \vec{u} = -\frac{1}{\rho} \nabla p \quad \text{Dit levert,}$$

met $\vec{\omega} = \nabla \times \vec{u}$ voor de vorticititeit:

10
$$\vec{u} \times \vec{\omega} = \nabla \left(\frac{p}{\rho} + \frac{1}{2} |\vec{u}|^2 \right) \quad (1).$$

De φ -component van (1) levert nu $U_{\varphi} \cdot r = \text{constant} = f(\phi)$ als we het gebied om de as aannemen als een gebied met "solid

- 15 body" rotatie, dan dus

$$U_{\varphi} = \Omega \cdot r \quad \text{en} \quad \Omega \cdot r^2 = f(\phi).$$

De componenten van $\vec{\omega}$ worden nu:

$$\omega_z = U_z \frac{df}{d\phi}, \quad \omega_r = U_r \frac{df}{d\phi} \quad \text{en}$$

20
$$\omega_{\varphi} = -\frac{1}{r} \left(\frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial r^2} - \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial r} \right) \quad (2)$$

Oplossen van ω_{φ} uit (1) en (2) levert

$$\omega_{\varphi} = f/r \cdot \frac{df}{d\phi} - r \cdot \frac{d}{d\phi} \left(\frac{p}{\rho} + \frac{1}{2} |\vec{u}|^2 \right)$$

- 25 dus wordt de stroomfunctie ϕ gegeven door

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial r^2} - \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial r} = r^2 \frac{d}{d\phi} \left(\frac{p}{\rho} + \frac{1}{2} (\vec{u})^2 \right) - f \frac{df}{d\phi}$$

met $f = \Omega r^2$.

- 30 We willen nu onderzoeken wat er gebeurt als een stroming in een cilinder overgaat naar een andere cilinder met een grotere diameter.

Stroomopwaarts, in de kleinste cilinder, nemen we in de buurt van de as een snelheid U_0 aan in de z-richting, dus

$$U_z = \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial r} = U_0 \implies \phi = \frac{1}{2} U_0 \cdot r^2$$

dan ook $f = \Omega r^2 = \frac{2\Omega}{U_0} \cdot \phi$ en $-f \frac{df}{d\phi} = -\frac{(2\Omega)^2}{U_0^2} \phi$.

9100490.

De Bernoullivlakken in deze stroming zijn cilinders, dus de druk wordt, op een constante kern na, gegeven door

$$p(r) = \frac{1}{2} \rho (U_0^2 + u_\varphi^2) \approx \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u_\varphi^2.$$

- 5 Dan wordt $p/\rho + \frac{1}{2} |\vec{u}|^2$ op een constante na weergegeven door
- $$\frac{1}{2} U_0^2 + u_\varphi^2 = \frac{1}{2} U_0^2 + \Omega^2 \cdot r^2 = \frac{1}{2} U_0^2 + \frac{2\Omega^2}{U_0} \cdot \varnothing$$

Bovenstaande uitdrukking levert voor $r^2 \cdot \frac{d}{d\varnothing} (p/\rho + \frac{1}{2} |\vec{u}|^2)$ op:

$$10 \quad r^2 \frac{d}{d\varnothing} (p/\rho + \frac{1}{2} |\vec{u}|^2) = \frac{2\Omega^2}{U_0} \cdot r^2$$

De stroomfunctie $\varnothing(r, z) = \psi(r) \cdot r + \frac{1}{2} U_0 r^2$ van een roterende stroming in een cilinder wordt dus bepaald door

$$\frac{d^2 \psi}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d\psi}{dr} + (k^2 - \frac{1}{r^2}) \psi = 0, \quad k = \frac{2\Omega}{U_0}$$

- 15 een Besselvergelijking van de orde 1.

Voor de oplossing, regulier op de as, vinden we dus

$$\psi = A \cdot J_1(kr)$$

$$\varnothing = \frac{1}{2} U_0 r^2 + A \cdot r \cdot J_1(kr)$$

$$20 \quad u_z = \frac{1}{r} \frac{\partial \varnothing}{\partial r} = U_0 + A \cdot k \cdot J_0(kr)$$

$$u_\varphi = f/r = \frac{2\Omega}{U_0} \cdot \varnothing/r = k \cdot \varnothing/r$$

$$u_\varphi = \Omega r + k \cdot A \cdot J_1(kr).$$

- 25 Stroomopwaarts, in de kleinste cilinder, nemen we een axiale snelheid U_0 aan in een gebied met vorticititeit met een diameter $2r_0$.

- 30 Stroomafwaarts, in de grootste cilinder, noemen we de axiale snelheid U_1 binnen het gebied met vorticititeit met diameter $2r_1$.

Voor de stroomfuncties stroomop- en stroomafwaarts geldt dan:

$$\frac{1}{2} U_0 r_0^2 = \frac{1}{2} U_0 r_1^2 + A \cdot r_1 J_1(kr_1)$$

$$\text{dus dan } A = \frac{U_0(r_0^2 - r_1^2)}{2r_1 \cdot J_1(kr_1)}$$

$$\text{en } \frac{u_z}{U_0} = 1 + \left(\frac{r_0^2}{r_1^2} - 1 \right) \cdot \frac{\frac{1}{2}kr_1}{J_1(kr_1)} \cdot J_0(kr).$$

- 5 Indien we de axiale snelheid op de rand van de vortex stroomopwaarts U_1 noemen vinden we een relatie tussen U_1 , U_0 , kr_0 en kr_1 :

$$\frac{U_1}{U_0} = 1 + \left(\frac{k^2 r_0^2}{k^2 r_1^2} - 1 \right) \frac{\frac{1}{2}kr_1}{J_1(kr_1)} \cdot J_0(kr_1).$$

10

Als kr_0 groot genoeg is en/of U_1/U_0 klein genoeg zal de bovenstaande uitdrukking geen oplossing hebben. Er zal dan "vortex break down" optreden.

15

In fig. 6 is de waarde van $\frac{kr_1}{kr_0}$ uitgezet als functie van

- kr_0 . Daaruit blijkt, dat aanvankelijk twee oplossingen optreden bij een bepaalde waarde van kr_0 , dan in een maximum
20 maar één en tenslotte geen enkele. In dit laatste gebied zal vortex break down optreden, waarbij er evenwel rekening mee moet worden gehouden, dat de stroming steeds reeds kleinere wervels heeft bevat, die niet in de berekening zijn opgenomen, zodat de aangegeven betrekking slechts als
25 benadering kan worden opgevat en niet als beperking van de uitvinding kan worden geconstrueerd.

- In een brander is vortex break down gemakkelijk waar te nemen, omdat de verbranding dan in een vrij kleine torusvormige
30 zone plaats vindt. Deze zone is rustig en beweegt nagenoeg niet. Wanneer olie de brandstof is, zal deze zone een blauwe kleur hebben, wanneer de olie reeds volkomen vergast was. Deze zone wordt dieper blauw naar mate de temperatuur hoger is. Bij minder volledige vergassing kunnen er geel stralende
35 kooldeeltjes in deze zone zijn, maar de ervaring leert dat bij voldoende zuurstoftoevoer zich geen onverbrande roet-

deeltjes of koolwaterstoffen in het afgas bevinden.

Een belangrijke toepassing van de uitvinding vormt een
sproeier of vernevelaar, waarbij de verkregen zeer fijne
5 mist, het zeer goed gemengde gasmengsel of de zeer homogene
suspensie van vaste deeltjes niet direct of zelfs in het
geheel niet wordt verbrand.

Het zal duidelijk zijn, dat de uitvinding niet beperkt is
10 tot de getekende en toegelichte uitvoeringsvormen. Zo is het
mogelijk dat de mengstof in rotatie wordt gebracht alvorens
met de luchtstraal in aanraking te komen. Dit is in het
bijzonder bij menging met laag-calorisch gas belangrijk.

15 Het geleidingslichaam kan van willekeurige vorm zijn, mits
het de gasstroom een rotatie meedeelt. Daarbij kan het ook
bewegende of roterende delen, zoals een schoepenrad,
bevatten.

Conclusies:

1. Inrichting voor het mengen van een gasstroom met een gasvormige, vloeibare of poedervormige mengstof, zoals een brandstof, waarbij een geleidingslichaam voor de gasstroom (drallichaam) is ingericht een in hoofdzaak cilindrische stroom in een in hoofdzaak cilindrisch buisstuk af te geven met een axiale component in de asrichting van het buisstuk en een rotatiecomponent ten opzichte van de asrichting, met het kenmerk, dat het buisstuk in de richting van de axiale component een vernauwing heeft.
2. Inrichting volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de vernauwing de middellijn van het buisstuk terugbrengt tot 0,8 - 0,4 van de middellijn vóór de vernauwing.
3. Inrichting volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk, dat de vernauwing een in de stromingsrichting toenemende hoek met de as van het buisstuk insluit.
4. Inrichting volgens één of meer van de voorafgaande conclusies, met het kenmerk, dat de vernauwing bij haar einde een hoek met de as insluit van meer dan 30° .
5. Inrichting volgens één of meer van de voorafgaande conclusies, met het kenmerk, dat het geleidingslichaam slechts met de buitenschil van het buisstuk is verbonden.
6. Inrichting volgens conclusie 5, met het kenmerk, dat aan de achterzijde van het buisstuk een achtervlak aanwezig is met een opening voor het toevoeren van de mengstof.
7. Inrichting volgens conclusie 6, met het kenmerk, dat het achtervlak conisch verwijd is in de stromingsrichting.

9100490.

8. Inrichting volgens één of meer van de conclusies 1,2,5, 6 en 7, met het kenmerk, dat de vernauwing gevormd wordt door een gasstroom, die met een radiaal naar binnen gerichte component aan de omtrek van het buisstuk
5 wordt toegevoerd.

9. Inrichting voor het mengen van een gasstroom met een gasvormige, vloeibare of poedervormige mengstof, zoals een brandstof, waarbij een geleidingslichaam voor de gasstroom
10 (drallichaam) is ingericht een in hoofdzaak cilindrische stroom in een in hoofdzaak cilindrisch buisstuk af te geven met een axiale component in de asrichting van het buisstuk en een rotatiecomponent ten opzichte van de asrichting, met het kenmerk, dat het geleidingslichaam is
15 ingericht rondom het buisstuk een gasstroom met naast de tangentiële component een naar binnen gerichte radiale component door het cilindervlak van het buisstuk toe te voeren.

20 10. Inrichting volgens één of meer van de voorafgaande conclusies, met het kenmerk, dat de stromingsdoorsnede voorbij de vernauwing abrupt verwijdt is.

11. Inrichting volgens conclusie 10, met het ken-
25 merk, dat het verwijde deel een middellijn heeft van tenminste twee en een half en bij voorkeur vijfmaal die van de vernauwing.

12. Werkwijze voor het bedrijven van een brander met een
30 branderconus, welke brander voorzien is van een inrichting volgens conclusie 10 of 11, voor de toevoer van verbrandingslucht, met het kenmerk, dat de verhouding tussen de axiale en tangentiële component van de stroming en de verhouding tussen de middellijn van de vernauwing en
35 die na de verwijding zodanig zijn gekozen, dat de straal uiteenspat (vortex break down) en een ringwervel optreedt in de hoek tussen de achterwand van de verwijding en het begin van de branderconus.

9100490.'

13. Werkwijze volgens conclusie 12, met het kenmerk, dat de middellijn van de branderconus een zodanig verloop heeft, dat voorbij een door de uiteenspatting van de straal veroorzaakt onderdrukgebied een stabiel gas-
5 lichaam optreedt, dat terugstroming van gas vanaf het eindgebied van de branderconus naar het onderdrukgebied verhindert.

14. Brander voorzien van een inrichting volgens één of meer van de conclusies 1-11 en geschikt om de werkwijze volgens
10 conclusie 12 of 13 te bedrijven, met het kenmerk, dat de achterwand van de branderconus gekoeld is.

15. Brander voorzien van een inrichting volgens één of meer van de conclusies 1-11 en geschikt om de werkwijze volgens
15 conclusie 12 of 13 te bedrijven, met het kenmerk, dat een luchtinlaatspleet in de branderconus nabij het achtervlak daarvan aanwezig is.

16. Brander voorzien van een inrichting volgens één of
20 meer van de conclusies 1-11 en geschikt om de werkwijze volgens conclusie 12 of 13 te bedrijven, met het kenmerk, dat een regelbare luchtaftakking aanwezig is van lucht, die geheel of gedeeltelijk door het geleidingslichaam is gegaan.

25 17. Brander volgens één of meer van de conclusies 14-16, met het kenmerk, dat de vergelijking

$$\frac{U_1}{U_0} = 1 + \left(\frac{k^2 r_0^2}{k^2 r_1^2} - 1 \right) \cdot \frac{\frac{1}{2} k r_1}{J_1(kr_1)} \cdot J_0(kr_1).$$

30

waarin U_0 = axiale snelheid in de vernauwing;

U_1 = axiale snelheid in de branderconus;

$k = 2 \Omega / U_0$ met Ω = de hoeksnelheid en

J_0 en J_1 Besselfuncties van de nulde en de eerste orde zijn,

35 geen reële oplossing heeft.

18. Sproeier, met het kenmerk, dat in een inrichting volgens conclusies 1-11 middelen aanwezig zijn om

9100490.

een te versproeien poedervormige of vloeibare stof in het gebied bij de rand van de vernauwing te brengen.

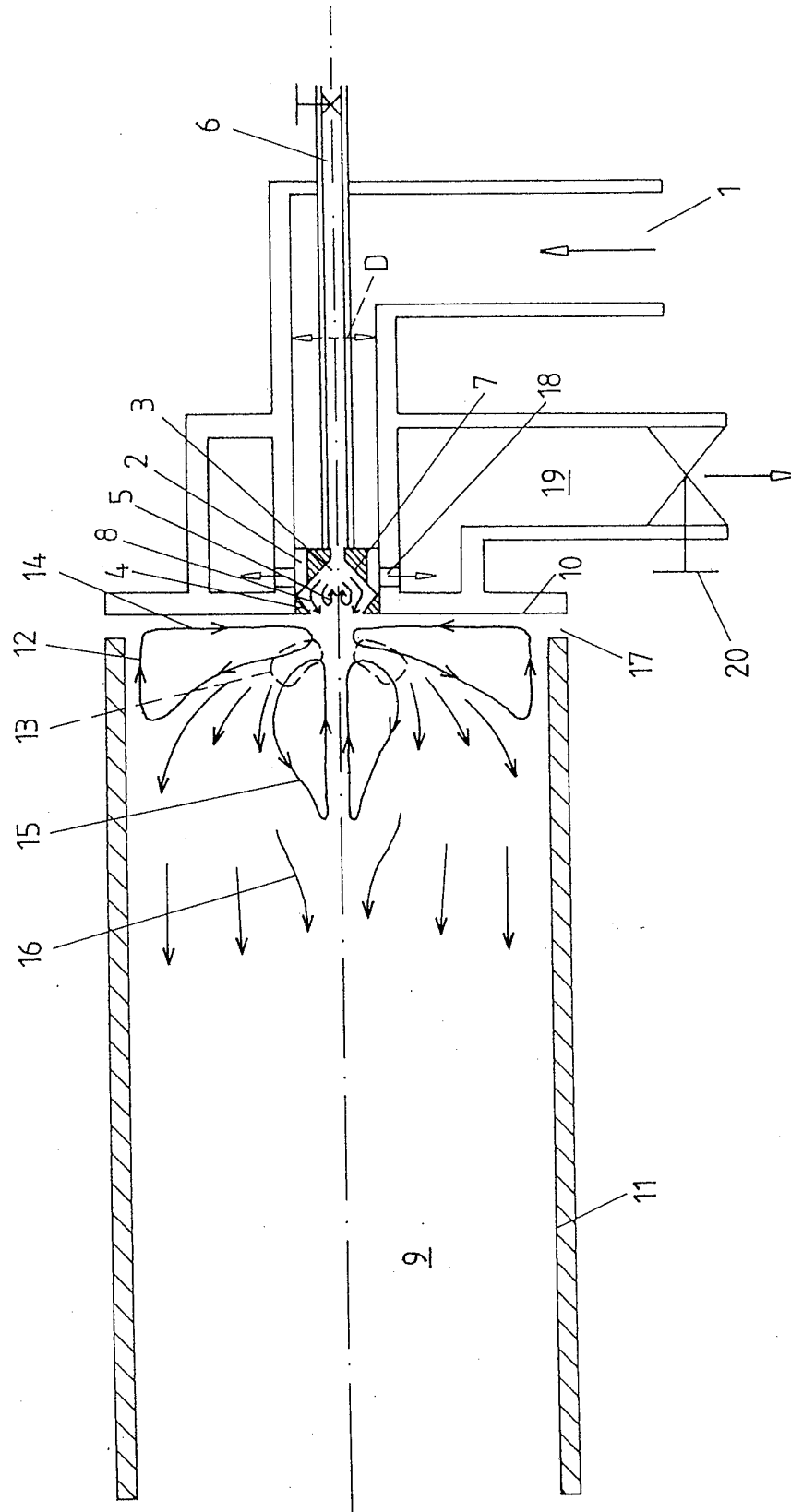


FIG. 1

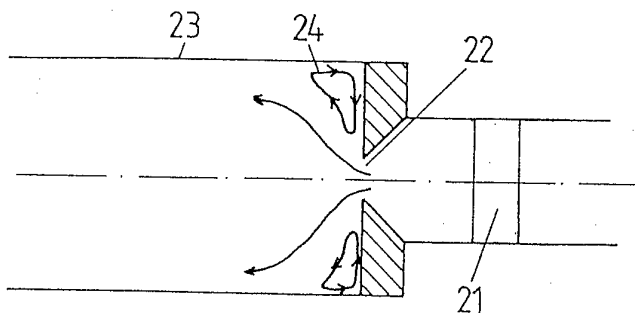


FIG. 2

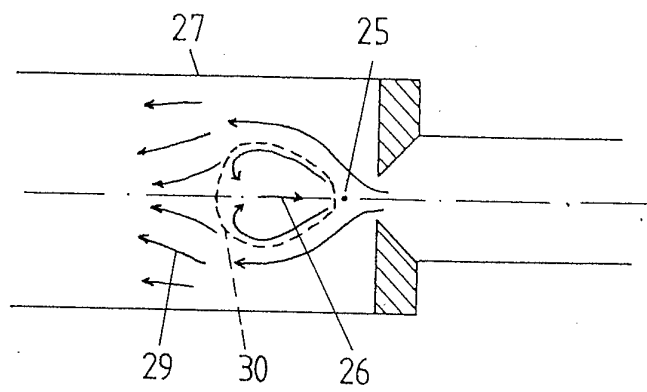


FIG. 3

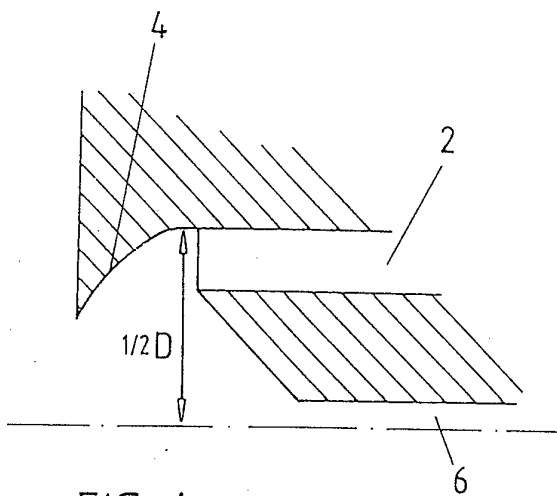


FIG. 4

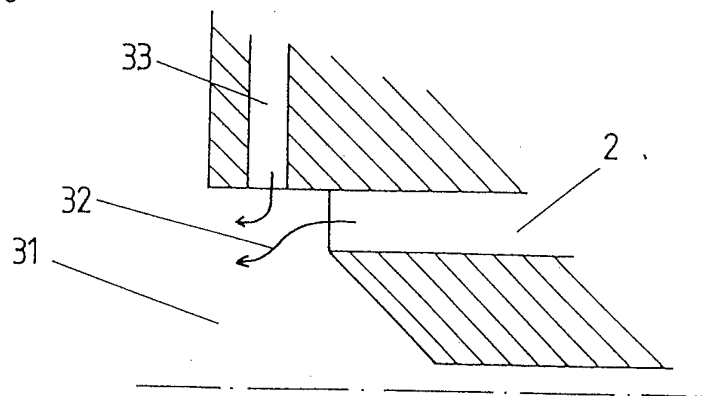


FIG. 5

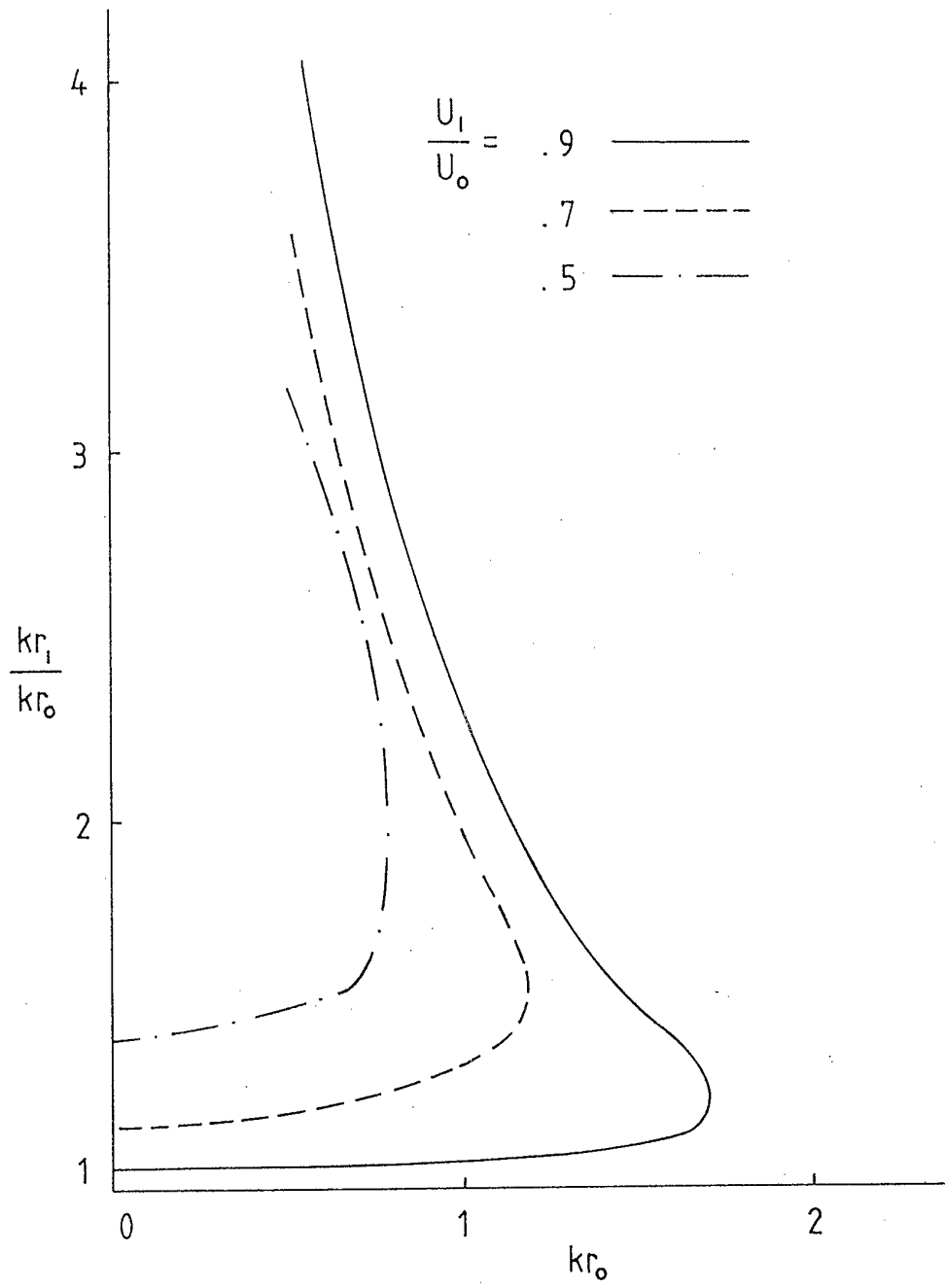


FIG. 6

9100490.