



(12) **Oversettelse av
europeisk patentskrift**

(11) **NO/EP 2201231 B1**

NORGE

(19) NO
(51) Int Cl.
F02B 1/12 (2006.01)

Patentstyret

- (21) Oversettelse publisert 2012.06.25
- (80) Dato for Den Europeiske Patentmyndighets publisering av det meddelte patentet 2012.02.29
- (86) Europeisk søknadsnr 08828197.7
- (86) Europeisk innleveringsdag 2008.09.01
- (87) Den europeiske søknadens Publiseringsdato 2010.06.30
- (30) Prioritet 2007.08.30 US 968899 P
- (84) Utpekte stater AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR
- (73) Innehaver Cool Flame Technologies AS, Martin Linges vei 35, 1367 Snarøya, Norge
- (72) Oppfinner ØVREBØ, Dag, Crøgerlia 23, N-3931 Porsgrunn, Norge
VOM SCHLOSS, Heide Pohland, Dohlenweg 20, D-53134 Herzogenrath, Tyskland
LUCKA, Klaus, Paul Gerhardt Str. 11, 52072 Aachen, Tyskland
- (74) Fullmektig Onsagers AS, Postboks 1813 Vika, 0123 OSLO, Norge
-
- (54) Benevnelse **Motorsystem og fremgangsmåte for vesentlig NOx-fri forbrenning av et brennstoff i en kompresjonsantennelsesmotor**
- (56) Anførte publikasjoner DE-A1- 10 240 234 B1, WO-A-00/06948 B1, JP-A- 2001 123 871 B1

Foreliggende oppfinnelse vedrører et motorsystem med reduserte NO_x-utslipp i eksosgass og en fremgangsmåte for reduksjon av NO_x-innholdet i eksosgass. Foreliggende oppfinnelse vedrører også anvendelsen av et motorsystem og en fremgangsmåte for vesentlig NO_x-fri forbrenning.

5 Kaldflamme er et fenomen som så langt ikke har fått alt for mye oppmerksomhet. I en kaldflamme blir drivstoffet delvis oksidert i forhåndsoppvarmet luft og temperaturen blir holdt konstant ved omtrent 450 °C, og den er uavhengig av forholdet luft/drivstoff og oppholdstid. I kaldflammeprosessen blir kun 2-20 % av brennverdien til drivstoffet frigjort, og denne varmen blir benyttet til å avdampe
10 drivstoffet, for å gi et homogent drivstoff i gassform. Under utviklingsarbeid har det blitt observert at gassen var i stand til å fjerne karbondeponeringer fra reaktorveggene. Grunnen til dette har ennå ikke blitt etablert, men det er antatt at dette kan skyldes frie radikaler som er til stede i kaldflamme-gassen, d.v.s. det delvis oksiderte gassformete drivstoffet.

15 En mer fullstendig beskrivelse av fenomenet kaldflamme-gass kan finnes i det amerikanske patentet US 6,793,693.

Eksos fra kompresjonsantenningsmotorer (ofte unøyaktig kalt dieselmotorer), som går på overskuddsluft, inneholder i hovedsak partikler, NO_x og ufullstendige forbrenningsprodukter (HC og CO).

20 NO_x kan kun bli fjernet katalytisk dersom eksosgassen er noe reduserende (som i en Otto-motor). Dette er normalt ikke tilfelle i en kompresjonsantenningsmotor.

En kjent måte å redusere NO_x-utslipp på i en dieselmotor er å resirkulere noe av eksosen tilbake inn i motoren (EGR). Mens dette fungerer for mindre dieselmotorer som går på ren diesel så er det ikke praktisk for større motorer som går på tung
25 fyringsolje fordi den vil produsere partikler i eksosen som vil blandes med smøreoljen og forårsake for tidlig slitasje på motoren. Forsøk på å sette inn et filter i EGR-løkken har ikke vært vellykket fordi eksosen også inneholder salter og andre metallforbindelser som vil smelte under filterregenerering (når temperaturen økes til over 800 °C) og forårsaker permanent skade på filteret.

30 Mens fremgangsmåten ovenfor reduserer NO_x-dannelsen så er det også mulig å fjerne NO_x ved å sette inn et NO_x-absorberingsmiddel, slik som beskrevet i flere patentdokumenter, for eksempel i US 5,974,791. Et NO_x-absorberingsmiddel kan lages fra bariumkarbonat. Under absorpsjon blir absorberingsmiddelet konvertert til bariumnitrat og frigjør CO₂ samtidig. Når absorpsjonsmiddelet er mettet kan det
35 regenereres ved å benytte CO ved at bariumnitratet konverteres tilbake til bariumkarbonat og frigjør N₂-gass.

Det er også kjent at NO_x kan reduseres ved å benytte et dobbeltdrivstoffkonsept der naturgass blir injisert i inntaksluftstrømmen og gass-/luftblandingen injiseres med en dieselpilotflamme. Eksempler på dette arbeidet er utført av Wartsila på store

skipsmotorer og Caterpillar/Clean Air Partners på lastebildieselmotorer. Wartsila viser en reduksjon i NO_x fra 12,5 g/kWt ned til 1,3 kW/t (se figur 1). NO_x -nivået reduseres med økende luft/drivstofforhold og den øvre grensen er rundt 2, begrenset av feilantennning. Lignende resultater har blitt oppnådd av andre. Mens dette virker bra for stasjonære applikasjoner der naturgass er enkelt tilgjengelig så er det ikke praktisk for skip på grunn av kostnader knyttet til lagring av naturgass (vanligvis som LNG). Ved å benytte kaldflammeteknologien er det mulig å oppnå den samme NO_x -reduksjonen på ett enkelt drivstoff, som enkelt kan lagres på skip.

I artikkelen "Homogeneous diesel combustion with external mixture formation by a cool flame vaporizer" av Heike Puschmann et al., copyright SAE 2006, blir det presentert en undersøkelse der et dieseldrivstoff blir fordampet i en kaldflammeformdamper for å danne en kaldflamme-gass som blir forbrent i dieselmotoren. Undersøkelsen konkluderer med at kjøring av dieselmotoren på en blanding av kaldflamme-gass og luft reduserer dannelsen av NO_x og røyk vesentlig sammenlignet med to lavtemperatur-dieselforbrenningsstrategier basert på direkte drivstoffinjeksjon, nemlig forhåndsblandet kompresjonsantennning (eng.: premixed charge compression ignition – PCCI) og sen lav-temperaturforbrenning (eng.: late low temperature combustion – LLTC).

I denne artikkelen var målet å danne en luft-/drivstoffblanding som ville selvantenne ved kompresjon. Selv om det er mulig å finne et operasjonspunkt (hastighet og belastning) der dette er mulig så er det vanskelig å kontrollere og drive en slik motor på varierende hastighet og belastning. I foreliggende oppfinnelse er forholdet luft/drivstoff valgt slik at blandingen ikke selvantenner ved kompresjon fordi den er for mager, samme prinsippet som i en naturgass-dualdrivstoffmotor (se figur 1). Ved å injisere en liten mengde flytende drivstoff i motoren slik som ved en dual-drivstoffmotor, virker det injiserte drivstoffet som en pilotflamme og vil antenne den forhåndsblendede og komprimerte kaldflamme-gassblandingen. Operasjon av motoren under slike betingelser vil føre til en reduksjon i NO_x -utslipp, tilsvarende det som kan oppnås med en naturgass-dual-drivstoffmotor.

For å sikre selvantennelse må likevel motoren som er presentert i artikkelen til Heike Puschman et al. kjøres på en rik drivstoff-/luftblanding som fører til økt dannelse av NO_x i eksosen.

DE 10240234 A1 viser en dieselmotor der kaldflamme-gass, luft og ytterligere dieseldrivstoff, som vist i figur 2, injiseres separat inn i forbrenningskammeret der kaldflamme-gassen, luften og det ytterligere dieseldrivstoffet bli blandet før forbrenningen finner sted. Med andre ord er det en blanding av kaldflamme-gass og dieseldrivstoff som blir forbrent. Kaldflamme-gassen blir tilført forbrenningskammeret uavhengig av luft, når stempelet er nært toppen, noe som er en ulempe fordi kaldflamme-gassen må trykkes og problemer med å holde den i en gasstilstand vil oppstå (trykket rett før stempelet når toppunktet er omtrent 100

bar). DE 10240234 A1 viser videre at ved å regulere tilsetningen av luft og dieseldrivstoff så kan drivstoffblandingen i forbrenningskammeret reguleres, dvs. det er en blanding av kaldflamme-gass og drivstoff som blir forbrent. Det er også vist at drivstoff blir direkte injisert i forbrenningskammeret i en "dieseltypischer Einspritzung" (dieseltypisk innsprøytning), som må tolkes som en konvensjonell injeksjon av drivstoff for forbrenning uten en pilotinjeksjon av drivstoff. Dette har også underlag i avsnitt 0010 hvor det er beskrevet at ved en dosert tilførsel av kaldflamme-gass så kan reaktiviteten til drivstoffet reguleres og derved opprettholde en HCCI-forbrenningsmodus over et bredt område med belastninger og rotasjonshastigheter. Med andre ord blir reaktiviteten til kaldflamme-gassen benyttet for å redusere antennelsesforsinkelsen, med det er ingen pilotflamme som forårsaker antennelsen av drivstoffblandingen.

JP 200123871 A viser en dieselmotor med pilotinjeksjon for å redusere støynivåer. Forbrenningsstøynivået i motoren blir fastlegges og basert på det fastlagte støynivået, blir mengden av injisert pilotdrivstoff justert. Pilotinjeksjonen av dieseldrivstoff for støyreduksjon er likevel på ingen måte knyttet til anvendelsen av kaldflamme-gass og en pilotinjeksjon av drivstoff for å redusere dannelsen av NO_x.

Det er derfor et mål for foreliggende oppfinnelse å tilveiebringe en dieselmotor der de ovenfor nevnte ulempene blir redusert.

Dette målet blir oppnådd ved foreliggende oppfinnelse som definert i de uavhengige kravene. Ytterligere utførelsesformer av oppfinnelsen er definert i de avhengige kravene.

Det er tilveiebrakt et motorsystem omfattende

- en kompresjonsantennelsesmotor som inkluderer minst ett forbrenningskammer,
- en kaldflamme-fordamper i hvilken et drivstoff blir delvis oksidert i forhåndsoppvarmet luft for å danne en kaldflamme-gass, hvor kaldflamme-fordamperen er i fluidkommunikasjon med forbrenningskammeret i kompresjonsantennelsesmotoren, og
- midler for tilførsel av luft slik at kaldflamme-gassen kan blandes med den ytterligere luften før dette injiseres inn i forbrenningskammeret.

Motorsystemet omfatter ytterligere midler for å injisere et pilotdrivstoff inn i forbrenningskammeret, for derved å produsere en pilotflamme i forbrenningskammeret som antenner blandingen av kaldflamme-gass og luft.

Motorsystemet kan også omfatte en reformer i hvilken kaldflamme-gassen i det minste delvis blir reformert for dannelsen av hydrogen. Dette vil gjøre drivstoffet mer forbrennbar. Reformeren kan være en standardreformer for reformering av et hydrokarbonstoff.

Det blir også tilveiebrakt en fremgangsmåte for en i hovedsak NO_x-fri forbrenning i en kompresjonsantennelsesmotor som inkluderer minst ett forbrenningskammer der fremgangsmåten omfatter de følgende trinn:

- produsere en kaldflamme-gass fra drivstoffet og forhåndsoppvarmet luft,
- 5 - blande kaldflamme-gassen med ytterligere luft,
- injisere blandingen av kaldflamme-gass og luft inn i det minst ene forbrenningskammeret.

10 For antennelsen av blandingen av kaldflamme-gass og luft omfatter fremgangsmåten ytterligere trinnet å tilveiebringe en pilotflamme i forbrenningskammeret ved å injisere et pilotdrivstoff.

Fremgangsmåten omfatter ytterligere trinnet med i det minste delvis å reformere kaldflamme-gassen for å danne hydrogen før den injiseres inn i kompresjonsantennelsesmotoren, for derved å gjøre blandingen av drivstoff og luft mer forbrennbar.

15 Fremgangsmåten omfatter ytterligere trinnet med å benytte det samme drivstoffet for å produsere kaldflamme-gassen og pilotflammen. Dette betyr at for eksempel skip som frakter med scg dieseldrivstoff kan kjøre dieselmotorer sine på en kaldflamme-gass.

20 Det er også tilveiebrakt en anvendelse av motorsystemet der drivstoffet er diesel eller tung brenselolje.

Det er også tilveiebrakt en anvendelse av fremgangsmåten for en vesentlig NO_x-fri forbrenning der drivstoffet er diesel eller tung brenselolje.

25 Ovenfor har kun en kaldflamme-gass produsert med en kaldflamme-fordamper blitt nevnt. En kaldflamme er én fremgangsmåte for å oppnå en delvis oksidert brenselgass blant et antall andre delvis oksiderte drivstoffgasser med de samme egenskapene.

I det følgende blir en utførelsesform av oppfinnelsen beskrevet i detalj med referanse til de vedlagte figurene hvor

30 Figur 1 er en graf som illustrerer operasjonsvinduet for kompresjonsantennelsesmotoren.

Figur 2 illustrerer skjematisk en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse.

På figur 1 er det en illustrasjon av arbeid utført av Wärtsilä på store skips-dualdrivstoffmotorer. På denne figuren er operasjonsvinduet illustrert der det kan ses at ved å tilveiebringe en mager blanding av drivstoff og luft så kan 35 kompresjonsforholdet økes uten selvdetonering eller feilantennning.

En utførelsesform av oppfinnelsen er skjematisk illustrert på figur 2. En kaldflamme-fordamper 40 er tilveiebrakt i hvilken drivstoff blir delvis oksidert i

forhåndsoppvarmet luft for å danne en kaldflamme-gass. Den resulterende kaldflamme-gassen er en gassformet, homogent blandet drivstoff.

5 Det er også tilveiebrakt en lufttilførsel 50 som er koblet til kaldflamme-fordamperen gjennom fluidledning 42. Ventilmiddel 41 er tilveiebrakt for å kontrollere strømmen av luft fra lufttilførselen 50 til kaldflamme-fordamperen 40.

Det er også tilveiebrakt en drivstofftilførsel 30 for tilførsel av diesel eller tung brenselolje. Drivstofftilførselen 30 er koblet til kaldflamme-fordamperen gjennom fluidledning 53. Ventilmiddel 56 kontrollerer strømmingen av drivstoff til kaldflamme-fordamperen 40.

10 En fluidledning 45 forbinder kaldflamme-fordamperen 40 med en kompresjonsantennelsesmotor 20. Lufttilførselen 50, eller muligens en annen lufttilførsel (ikke vist) er også koblet til kompresjonsantennelsesmotoren 20. Før den blir ført inn i motoren 20 blir kaldflamme-gassen blandet med ytterligere luft fra lufttilførselen. Ventilmiddel 44 kontrollerer strømmingen av luft til
15 kompresjonsantennelsesmotoren 20 mens ventilmiddel 48 kontrollerer strømmingen av kaldflamme-gass fra kaldflamme-fordamperen 40 til kompresjonsantennelsesmotoren 20.

Det er også tilveiebrakt en fluidledning 52 slik at drivstoff fra brenstofftilførselen også kan føres direkte inn i kompresjonsantennelsesmotoren som en pilotflamme
20 22. Ventilmiddel 55 kontrollerer strømmingen av drivstoff fra drivstofftilførselen 30 til motoren 20.

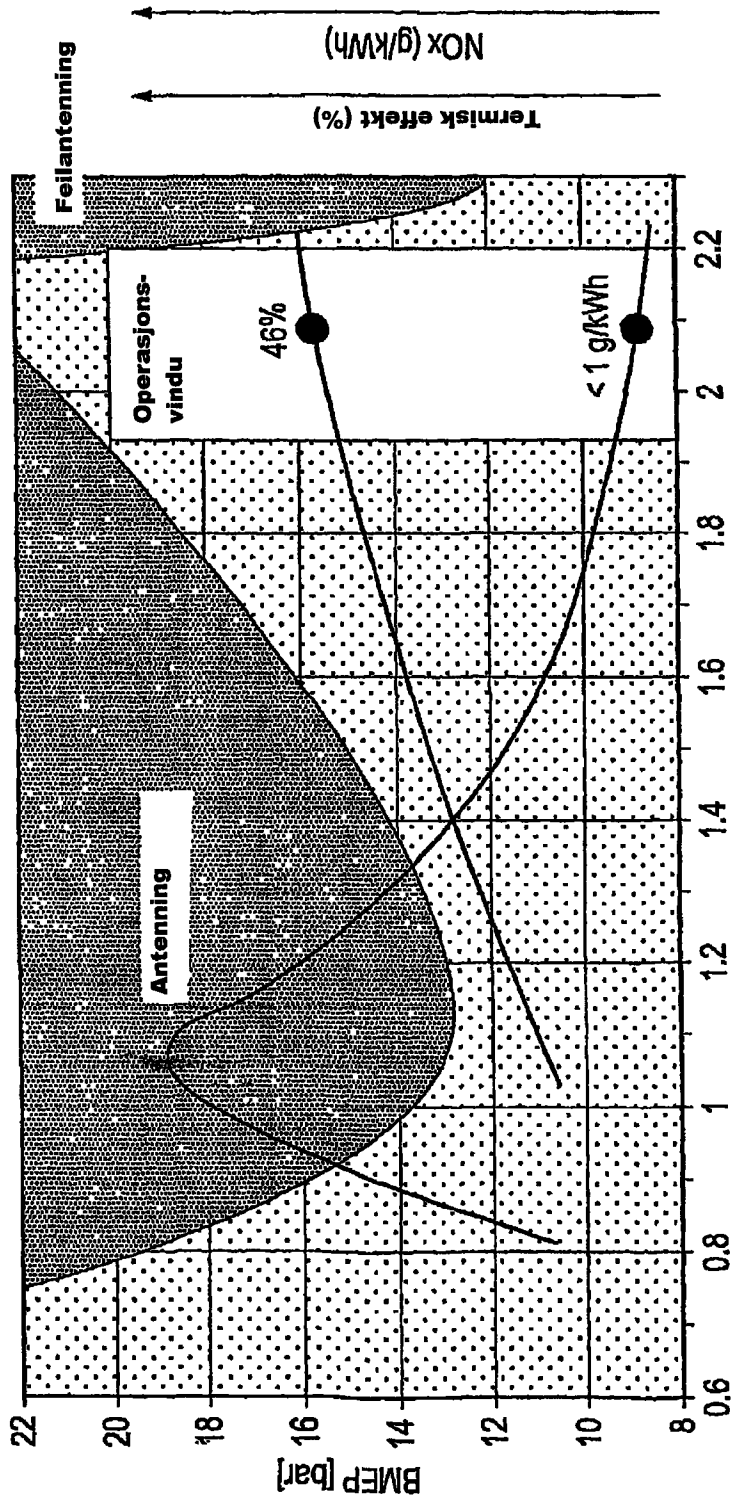
I foreliggende oppfinnelse blir drivstoffet med andre ord benyttet for å tilveiebringe en kaldflamme-gass og å tilveiebringe en pilotflamme for å sikre korrekt forbrenning av blandingen av kaldflamme-gass og luft.

PATENTKRAV

1. Motorsystem omfattende
 - en kompresjonsantennelsesmotor (20) som inkluderer minst ett forbrenningskammer,
 - 5 - en kaldflammefordamper (40) i hvilken et drivstoff blir delvis oksidert i forhåndsoppvarmet luft for å danne en kaldflammegass, der kaldflammefordamperen (40) er i fluidkommunikasjon med forbrenningskammeret i kompresjonsantennelsesmotoren (20),
 - midler (43,44) for tilførsel av luft slik at kaldflammegassen kan blandes med den ytterligere luften før den blir injisert i forbrenningskammeret,
 - 10 k a r a k t e r i s e r t v e d at motorsystemet videre omfatter midler for injisering av et pilotdrivstoff inn i forbrenningskammeret, for derved å produsere en pilotflamme i forbrenningskammeret som antenner blandingen av kaldflammegass og luft.
- 15 2. Motorsystemapparat ifølge krav 1,
k a r a k t e r i s e r t v e d at motorsystemet omfatter en reformer i hvilken kaldflammegassen i det minste delvis blir reformert for å danne hydrogen, for derved å gjøre drivstoffet mer forbrennbart.
- 20 3. Fremgangsmåte for vesentlig NO_x-fri forbrenning av et drivstoff i en kompresjonsantennelsesmotor (20) som inkluderer minst ett forbrenningskammer, der fremgangsmåten omfatter de følgende trinnene:
 - produsere en kaldflammegass fra drivstoffet og forhåndsoppvarmet luft,
 - blande kaldflammegassen med ytterligere luft,
 - injisere blandingen av kaldflammegass og luft inn i det minst ene
 - 25 forbrenningskammeret,
 - k a r a k t e r i s e r t v e d at fremgangsmåten ytterligere omfatter trinnet med å
 - tilveiebringe en pilotflamme (22) i forbrenningskammeret, ved å injisere et pilotdrivstoff, for antennelsen av blandingen av kaldflammegass og luft.
- 30 4. Fremgangsmåte ifølge krav 3,
k a r a k t e r i s e r t v e d å i det minste delvis reformere kaldflammegassen til hydrogen, for derved å gjøre blandingen av drivstoff og luft mer forbrennbar.
5. Fremgangsmåte ifølge krav 3 eller 4,
k a r a k t e r i s e r t v e d å benytte det samme drivstoffet for å produsere kaldflammegassen og pilotflammen.
- 35 6. Anvendelse av motorsystemet ifølge ett av kravene 1-2 der drivstoffet er diesel eller tung brenselolje.

7. Anvendelse av fremgangsmåten ifølge ett av kravene 3-5 der drivstoffet er diesel eller tung brenselolje.
 8. Anvendelse av pilotinjeksjon av et drivstoff i en kompresjonsantennelsesmotor (20) som går på en blanding av kaldflamme-gass og luft, for antennelse av blandingen av kaldflamme-gass og luft.
- 5

1/2



Luft-brennstoff-ratio

FIG. 1

2/2

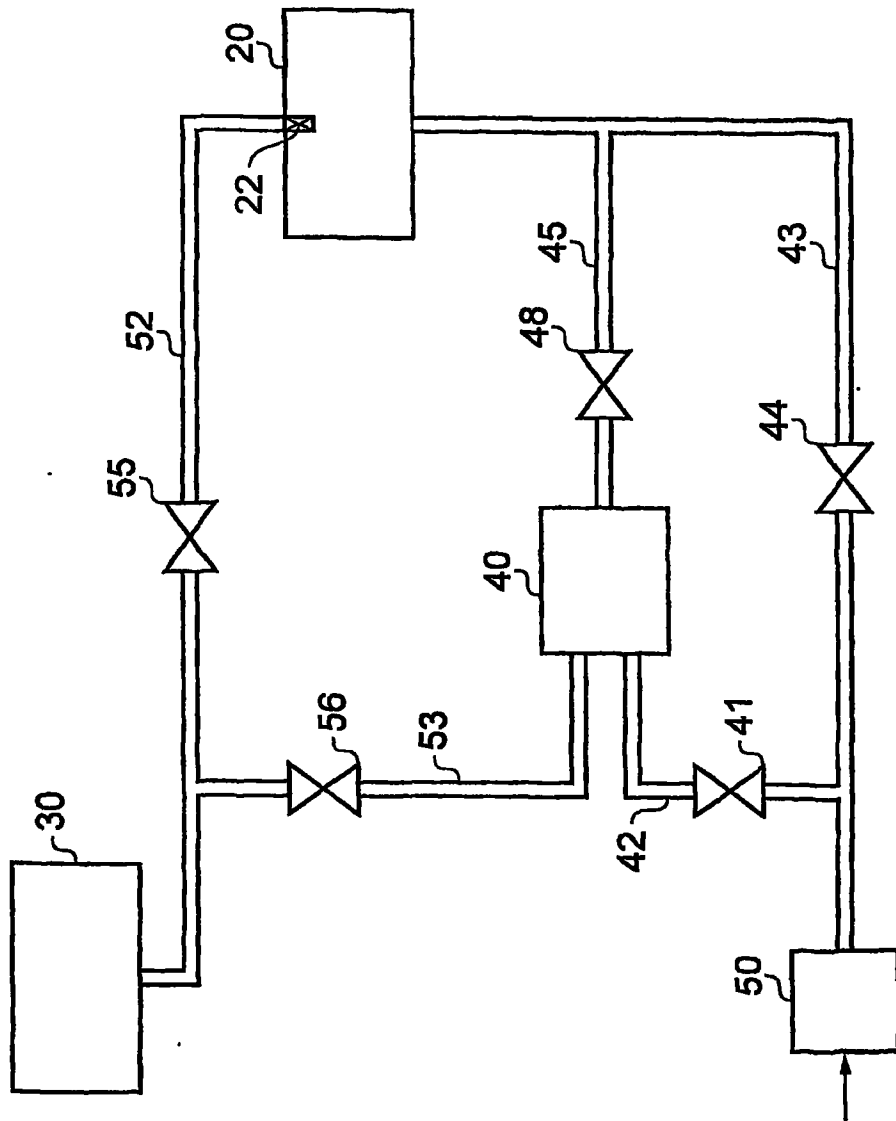


FIG. 2