



(12) PATENT

NORGE

(19) NO

(11) 301661

(13) B1

(51) Int Cl⁶ E 21 B 43/38, B 01 D 19/00

Patentstyret

| | | | |
|-------------------|---|------------------------|----------------------|
| (21) Søknadsnr | 904428 | (86) Int. inng. dag og | |
| (22) Inng. dag | 12.10.90 | søknadsnummer | |
| (24) Løpedag | 12.10.90 | (85) Videreføringsdag | |
| (41) Alm. tilgj. | 10.07.91 | (30) Prioritet | 09.01.90, US, 462667 |
| (45) Meddelt dato | 24.11.97 | | |
| (73) Patenthaver | Baker Hughes Inc, P.O. Box 4740, Houston, TX 77210-4740, US | | |
| (72) Oppfinner | Maston L. Powers, Oklahoma City, OK, US | | |
| (74) Fullmektig | Tandbergs Patentkontor AS, 0306 Oslo | | |

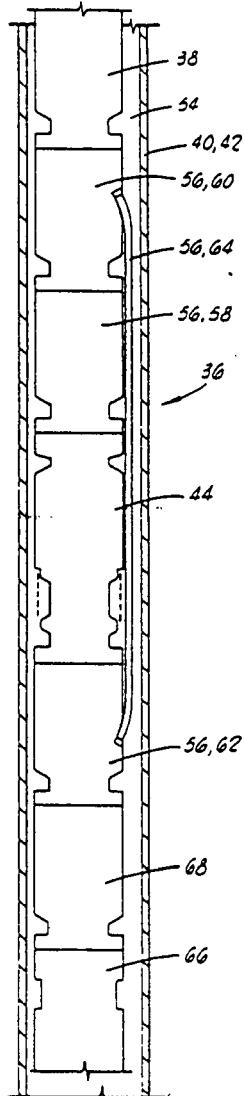
(54) Benevnelse Gass-separator for neddykkbar brønnpumpe, basert på resirkulering

(56) Anførte publikasjoner GB A 2215408, US 4481020

(57) Sammendrag

Resirkulasjonsgass-separator (36) for en neddykkbar brønnpumpe (38) og omfattende en roterbar gass-skiller (44) for å skille den væske som skal ledes mot pumpen (38) fra en vesentlig del av fluidets gassinnhold. Separatoren innbefatter et skillekammer (46), et brønnfluidinnløp (48) på oppstrømssiden av dette, og et væskeutløp (50) på nedstrømssiden av skillekammeret.

Separatoren (36) tar ut en del av væsken fra utløpet (50) og resirkulerer denne del ved tilbakeføring til skillekammeret (46). Separatorens gass/væskeforhold blir da vesentlig lavere det tilsvarende forhold i det borefluid som føres inn gjennom innløpet (48). Følgelig kan den neddykkbare brønnpumpe (38) koplet til resirkulasjonsgass-separatoren pumpe opp fluid fra brønner hvor fluidets gassinnhold relativt sett er vesentlig høyere enn det som kan håndteres med tilsvarende separatorer av tidligere kjent konstruksjon.



Denne oppfinnelse angår generelt utvinning av fluid eller væsker fra borehull, og nærmere bestemt en gass-separator for en neddykkbar brønnpumpe og med en roterende gass-skiller for å skille
væske som skal føres til brønnpumpen fra gassen, idet gass-skilleren omfatter et skillekammer på hvis oppstrømsside det er
et brønnfluidinnløp og på hvis nedstrømsside et væskeutløp. Gass-separatoren brukes for å skille ut gass fra borehullfluid før dette pumpes opp av den neddykkete brønn- eller borehullpumpe.

En vanskelighet som møtes ved bruken av neddykkbare brønn-pumper er at pumpeytelsen vil reduseres dersom det fluid som skal pumpes inneholder større mengder gass, og til sist kan pumpen helt risikere blokkering ved at gassmengden blir for stor til at pumpefunksjonen kan opprettholdes. Tidligere forsøk på å løse dette problem innbefattet gass-separatorer med reversert fluidstrøm slik som den separatortype som er vist og beskrevet i US-patentskriftet 2 525 233.

En tilsvarende og senere konstruksjon er beskrevet i US 4 676 308. I de senere år har en rekke fabrikanter av elektriske neddykkbare pumper utviklet roterende gass-separatorer som har utvidet anvendelsesområdet for nettopp slike elektriske neddykkbare pumper til å innbefatte brønner eller borehull som gir så store gassmengder at tidligere teknikk gjorde det vanskelig eller umulig å pumpe opp fluidet, og også når separatorene var av typen med reversert fluidstrøm.

En typisk elektrisk neddykkbar pumpe med roterende gass-separator er vist i US 4 481 020, idet separatoren innbefatter en drivmekanisme som setter igang aksialstrøm, et skillekammer hvor det dannes en virvelstrøm med stort energiinnhold, og et strømledekkammer som fører det sentrifugerte fluid fra ytterkantene i separatoren og innover til sentrum av det første trinn i den neddykkbare brønnpumpe, hvoretter den fraskilte gass føres videre ut fra midtområdet i separatoren til utløpsporter gjennom hvilke gassen presses ut i ringrommet i foringsrøret nede i brønnen eller borehullet. En annen typisk slik sentrifugalgass-separator er beskrevet i US 3 887 342.

En artikkel i tidsskriftet "Journal of Petroleum Technology", juni 1982 og med tittel "Gas Separator Performance for Submersible Pump Operation" av Lea og Bearden viser at roterende

gass-separatorer er i stand til å ta ut hovedsakelig all gass fra fluidstrømmer som inneholder opptil en volumfraksjon på 30 % gass ved sugeforhold for pumpen. Erfaringer fra felten har vist at elektriske neddykkbare pumper utstyrt med roterende gass-separatører kan drives i avhengighet av fluidstrømmen når denne inneholder opptil tilnærmet 65 % gass (volumandel) under forutsetning av pumpesugeforhold. Etterhvert som prosentandelen av gass øker over dette nivå blir imidlertid pumpeytelsen raskt dårligere og man risikerer å få gassblokering i en såkalt gasslås.

Endelig omhandler GB A 2 215 408 generell styring av gass/væske-forholdet i en pumpe som fører et flerfasefluid som eventuelt resirkuleres tilbake til pumpeinntaket, og særlig i avhengighet av gassfraksjonens størrelse.

Dette er bakgrunnen for den foreliggende oppfinnelse som særlig er rettet mot forholdene i borete brønner, og oppfinnelsens separator, slik den er nærmere angitt i patentkrav 1 på side 13, har også som i flere av de kjente konstruksjoner et skillekammer, et brønnfluidinnløp på oppstrømssiden av skillekammeret, et væskeutløp på nedstrømssiden av skillekammeret, og en resirkulasjonsanordning for å føre en del av væsken fra væskeutløpet tilbake til skillekammeret, hvorved gass/væske-forholdet i det som her er kalt separatorens gass-skiller kommer til å ligge betydelig lavere enn i brønnfluidet som føres inn via separatorens innløp.

Hensikten med å resirkulere en del av væsken er å redusere gass/væske-forholdet ved innløpet av skillekammeret og følgelig øke det maksimale gass/væske-forhold for det innførte brønnfluid uten at dette gir store gassmengder i væskestrømmen fra separatoren. Dette øker den tillatte mengde gass i det brønnfluid som kan泵es av den neddykkbare brønnpumpe når denne er tilkoplet en resirkulasjonsgass-separator.

Nå følger en beskrivelse med tegninger, hvor fig. 1 viser et oppriss av en delvis gjennomskåret roterende gass-separator i en typisk utførelse som kjennes i dag, fig. 2 viser en skjematiske avbildning av en elektrisk neddykkbar brønnpumpe med oppfinnelsens roterende resirkulasjonsgass-separator, fig. 3A-3B viser et delvis utsnitt av pumpen og separatoren vist på fig. 2, fig. 4 viser et tverrsnitt av denne, idet snittplanet er angitt med pilene 4-4 på fig. 3B, fig. 5 viser et tilsvarende tverrsnitt i henhold til 5-5 på fig. 3A, fig. 6 viser en grafisk fremstilling av fluid-

høyde/ytelse for den elektriske neddykkbare pumpe og resirkulasjonspumpen, og fig. 7 viser en tilsvarende grafisk fremstilling av fluidhøyden som funksjon av ytelsen for den resirkulerende pumpe, og den såkalte "Head Loss Curve" som angir trykkfallet som funksjon av ytelsen i det eksterne resirkulasjonsrør.

Detaljbeskrivelsen av foretrukne utførelsesformer skal først belyse selve problemet som ligger til grunn for oppfinnelsen.

Fig. 1 viser en typisk roterende (eg. roterbar) gass-separator ifølge den kjente teknikk og tilsvarende den som er vist 10 og beskrevet i US 4 481 020. Denne separator er vist i vertikal posisjon og delvis gjennomskåret, og den er på fig. 1 generelt gitt henvisningstallet 10. En elektrisk neddykkbar pumpe 12 er skjematiske vist strekpktert på oversiden av separatoren 10. En pakning 14 og en elektrisk motor 16 er likeledes vist strekpktert 15 på undersiden av separatoren.

En drivaksel 18 fra motoren 16 går oppover gjennom separatoren til pumpen 12 for å drive disse rundt i roterende bevegelse. I praksis er drivakselen 18 bygget opp av en rekke elementer som er koplet sammen.

Separatoren 10 omfatter flere borehull- eller brønn-fluidinnløp 20 for å suge opp det fluid som skal pumpes, en drivseksjon 22 som bevirker generell oppadgående bevegelse av fluidet, en skilleseksjon 24 hvor det dannes en kraftig virvel som skiller det oppoverførte brønnfluid i en generelt sentrert 25 gasstrøm og en væskestrøm som hovedsakelig kommer til å befinner seg ute ved omkretsen, og en avbøynings- eller ledeseksjon 26 som fører den centrifugerte væske gjennom en kanal 28 til et utløp 30 som står i forbindelse med pumpen 12 og som fører den fraskilte gass fra midtområdet i separatoren til utslippsåpninger 32.

Man antar at de begrensninger som tidligere har hindret centrifugalgass-separatører på enkelte måter har skyldes fysiske begrensninger slik det vil fremgå av den konstruksjon som er vist på fig. 1. Hastighetene for de fraskilte fluider i oppoverrettet aksial bevegelse inne i separatoren 10 kan ikke endres uavhengig 35 av hverandre, og den fraskilte gasstrøm må da få tilnærmet samme aksialhastighet som væskefraksjonen i fluidet, med unntak av mindre forskjeller som skyldes oppdrift, viskositet og gassutvidelse. Av denne grunn varierer ikke tverrsnittet av strømmen av separert gass og væske særlig mye med høyden inne i skillekammeret, og

tverrsnitt vil derfor være proporsjonalt med den volumetriske fraksjon av de respektive faser. Når gassinnholdet blir tilstrekkelig stort vil dets strømningsareal utvides radialt helt til den situasjon oppstår hvor gassen føres inn i ringromstrømmen i det 5 ytre ringrom 34 i avbøyningsseksjonen 26 som i stedet er tiltenkt utelukkende væskestrøm, og fra dette tidspunkt vil gassen begynne å strømme gjennom kanalen 28 til utløpet 30 i uakseptabel mengde.

For løsning av dette problem er det ifølge oppfinnelsen skaffet til veie midler for betydelig økning av voluminnholdet 10 av gass i en brønnfluidstrøm som kan skiller i sin gass- og væskefase av en sentrifugalseparator, uten at separasjonen innebærer risikoen for at større gassmengder blander seg med væskestrømmen som føres til den neddykkbare pumpe. Dette muliggjøres ved å ta ut en del av væskestrømmen fra separatoren og blande denne del 15 med brønnfluid som føres inn til separatoren, slik at voluminnholdet av gass i den væskeblanding som skillekammeret mottar blir redusert.

Den forbedrede gass-separator er vist skjematisk på fig. 2 og i nærmere detalj på fig. 3A og 3B. Denne nye gass-separator 20 kan tilknyttes benevnelsen resirkulasjonsgass-separator og er generelt gitt henvisningstallet 36 på figurene.

Fig. 2 viser separatoren 36 forbundet med en elektrisk neddykkbar pumpe 38 i en brønn 40 med et foringsrør 42.

Separatoren 36 omfatter en roterbar gass-skiller 44 for 25 å fraskille væske som skal føres til pumpen 38, fra fluidets gassinnhold. Gass-skilleren 44 er best vist på fig. 3A-3B og omfatter et skillekammer 46, flere brønnfluidinnløp 48 anordnet på oppstrømssiden av skillekammeret 46, et ringromformet væskeutløp 50 anordnet på nedstrømssiden av skillekammeret 46, og en gassutslippsåpning 52 likeledes anordnet på nedstrømssiden av kammeret 46 for å slippe gass ut i det ytre ringrom 54 (fig. 2).

Resirkulasjonsgass-separatoren 36 innbefatter som nevnt en resirkulasjonsanordning 56 for resirkulering av en del av den væske som føres ut fra væskeutløpet 50 slik at denne væskedel føres 35 tilbake til skillekammeret 46, hvorved gass/væske-forholdet i gass-skilleren 44 blir vesentlig lavere enn det tilsvarende gass/væske-forhold i det brønnfluid som føres inn i fluidinnløpene 48.

Resirkulasjonsanordningen 56 innbefatter på sin side en resirkulasjonspumpe 58 for å pumpe væske fra væskeutløpet 50 til

den neddykkbare brønnpumpe 12, en væskeutskiller 60 for å ta ut en del av den væske som føres ut av resirkulasjonspumpen 58 før denne væske når den neddykkbare pumpe 12, et væskeinjeksjonskammer 62 for injisering av væskedelen inn i gass-skilleren 44 på opp-
5 strømssiden av skillekammeret 46, og kanaler 64 for å føre væske-
delen fra væskeutskilleren 60 til injeksjonskammeret 62.

Injeksjonskammeret 62 er fortrinnsvis anordnet på opp-
strømssiden av brønnfluidinnløpene 48 slik som vist på fig. 3B,
men kammeret kan også tjene sin funksjon hvis det er anordnet på
10 nedstrømssiden av disse.

Væskeutskilleren 60 er anordnet på oversiden av resirkula-
sjonspumpen 58 som på sin side er anordnet på oversiden av gass-
skilleren 44, og denne på sin side er anordnet på oversiden av
injeksjonskammeret 62.

15 En drivmotor 66 er anordnet på undersiden av injeksjons-
kammeret 62 og har en pakning 68 anordnet inn mot dette. Driv-
motoren 66 har videre sin drivaksel 70 forlenget oppover for å
drive rundt gass-skilleren 44, resirkulasjonspumpen 58 og den
neddykkbare brønnpumpe 12. Det er klart at drivakselen 70 på samme
20 måte som i den kjente konstruksjon (fig. 1) typisk innbefatter
en rekke seriekoplede akselsegmenter. Den neddykkbare brønnpumpe
12 pumper væske oppover gjennom produksjonsrør i en rørstreng 72
til overflaten.

Gass-skilleren 44 har et separatorhus 74 med generelt
25 sylinderisk ytterflate 76, hvilket best fremgår av fig. 4. En mulig
utførelse av kanalene 64 er at disse inngår i separate rør 64A-64F
lagt hovedsakelig parallelt med separatorhusets 74 sentrale
lengdeakse 78 og festet til husets ytterflate 76 ved hjelp av et
bånd 80. Alternativt kunne kanalene være samlet i ett bredt
30 tilflatet rør. Rørene 64A-64F er omsluttet av en beskyttelsesplate
82 eller liknende der hvor båndene så som båndet 80 er anordnet
for feste.

Tilførselsledninger 84 (fig. 4) for motoren 66 er
tilkoplet denne og går oppover langs separatoren 36 og pumpen 12.
35 På oversiden av pumpen går tilførselsledningene inn i en rund,
større kabel som fører videre opp langs produksjonsrørstrekningen
72 til overflaten hvor kabelen er tilkoplet en elektrisk kraft-
kilde. Tilførselsledningene 84 er også festet til ytterflaten 76
på huset 74 med bånd så som båndet 80. En skjerm 86 beskytter

ledningene der hvor båndene 80 er anordnet.

Fra fig. 4 fremgår at rørene 64A-64F fortrinnsvis blir anordnet nær tilførselsledningene 84 for å gi størst mulig klaring mellom resirkulasjonsgass-separatoren 36 og foringsrøret 42.

Væskeutskilleren 60 omfatter et generelt sylinderisk uttrekkskammerhus 88 for omslutning av det innenforliggende uttrekkskammer 90. Huset 88 har en nedre ende 92 med et ringromformet uttrekkskammerinnløp 94 for tilførsel av væske som pumpes av resirkulasjonspumpen 58 fra væskeutløpet 50 i gass-skilleren 44 og til uttrekkskammeret 90.

Huset 88 har en øvre ende 96 med et tilsvarende ringromformet utløp 98 for å føre væske fra kammeret 90 til den neddykkbare brønnpumpe 12.

Endelig har huset 88 en uttaksåpning 100 for å føre ut den del av væsken som strømmer gjennom kammeret 90 og er tiltenkt resirkulering via kanalene 64.

Væskeutskilleren 60 omfatter videre en innretning som her skal kalles en avbøyer 102 og som strekker seg inn i uttrekkskammeret 90 for å avbøye væskedelen mot uttrekksåpningen 100. Fra fig. 5 fremgår best hvordan avbøyeren 102 danner et fremspring som dekker tilnærmet halvparten av det sirkulære tverrsnittet i uttrekkskammeret 90. En boring 104 gjennom avbøyeren 102 har et lager 106 for oppslagring av drivakselen 70 som strekker seg nedover fra pumpen 12 via uttrekkskammeret 90.

Injeksjonskammeret 62 omfatter et generelt sylinderisk injeksjonskammerhus 108 som da inni avgrenser injeksjonskammerets 62 egentlige kamervolum 110.

Huset 108 har en injeksjonsport 112 for injisering av den væskedel som skal resirkuleres i kanalene 64 inn i kamervolumet 110. Huset 108 har videre en øvre ende 114 med ringromformede injeksjonskammerutløp 116 for å føre væskedelen fra kamervolumet 110 til gass-skilleren 44.

Injeksjonsporten 112 er generelt nedoverrettet slik som vist på fig. 3B. Injeksjonskammeret 62 omfatter videre en avbøyer 118 for å bøye av væske fra injeksjonsporten 112 slik at denne væske blir rettet generelt oppover inn i kamervolumet 110.

Avbøyeren 118 er konstruert på tilsvarende måte som avbøyeren 102 vist på fig. 5 og har en gjennomgående boring med et lager 120 for drivakselen 70.

Fig. 3B viser at separatorhuset 74 har sin nedre ende 122 utrustet med et resirkulasjonsinnløp 124 for å føre væskedelen fra injeksjonskammeret 62 i separatoren 56 inn i skillekammeret 46.

5 Separatorhuset 74 er bygget av et øvre 126, et midtre 128 og et nedre husavsnitt 130, og brønnfluidinnløpene er anordnet i det nedre avsnitt 130.

10 En flerarmet holder 132 er anordnet i den nedre ende av det midtre husavsnitt 128 og innbefatter flere armer 134 som rager innover til en ringformet krage 136 med en sentral boring som omfatter et lager 138 for drivakselen 70.

Fra fig. 4 fremgår at det mellom armene 134 dannes tre åpninger 140 for å tillate den oppovergående strøm av brønnfluid og den resirkulerende væske å føres inn i skillekammeret 46.

15 I skillekammeret 46 er anordnet et drivorgan 142 med skrueblad som ved rotasjon tilveiebringer en generelt aksial og oppover- rettet strøm av brønnfluid og resirkulert væske. Drivorganets skrueblader 142 er lengre oppe ført mer radialt slik at det dannes radiale skovler 144, og disse danner ved rotasjon 20 virvler med høyt energiinnhold i den oppoverstrømmende fluid, hvorved fluidet skilles radialt i en sentral gasstrøm og en sylinderformet utvendig væskestrøm.

25 Drivorganet med skrueformede og radiale blad hhv. skovler er mest hensiktsmessig utformet i ett slik som vist på fig. 3B og er låst til drivakselen 70 slik at hele drivorganet bringes i rotasjon sammen med akselen inne i separatorhuset 74.

Fig. 3A er tenkt som en fortsettelse oppover fra fig. 3B og viser at den sylinderformede væskestrøm fra drivorganet 142, 144 føres mot en skillevegg 146 med sylinderform og som tjener 30 som en avleder, hvorved væskestrømmen blir ført inn i et ytre ringrom 148, mens den sentrale gasstrøm føres inn i et sentralt ringrom 150 inn mot akselen 70.

35 Væskestrømmen beveges fra det ytre ringrom 148 via kanaler 152 til væskeutløpet 50 og videre til resirkulasjonspumpen 58. Det sentrale ringrom 150 fører gasstrømmen via kanaler 154 til separatorens utslippsåpninger 52.

Det skal bemerkes at man for å forenkle konstruksjonen kan anordne injeksjonskammeret 62 og gass-skilleren 44 i en felles enhet med et felles hus, og på tilsvarende måte kan resirkulasjons-

pumpen 58 og væskeutskilleren 60 kombineres.

Resirkulasjonspumpen 58 har som funksjon å pumpe væske fra væskeutløpet 50 i gass-skilleren og via uttrekkskammeret 90 til pumpen 12. Som tidligere anført tas en del av væsken ut fra 5 uttrekkskammeret 90 før resirkulasjon gjennom kanalene 64.

Siden resirkulasjonspumpen 58 må pumpe alt det fluid som til slutt skal泵es av den elektriske neddykkbare pumpe 12 og i tillegg alt det fluid som resirkuleres, må den ha vesentlig høyere ytelse ved sitt arbeidspunkt enn det den neddykkbare 10 brønnpumpe 12 behøver å ha ved sitt arbeidspunkt.

Resirkulasjonspumpen 58 er derfor fortrinnsvis en sentrifugalpumpe som kan bygges opp med så få som bare ett eller to trinn.

Fig. 6 viser en grafisk fremstilling av kurver for det 15 som går under benevnelsen "head/rate" og som angir ytelsen langs abscissen og væske- eller fluidmengde langs ordinaten, for både den neddykkbare brønnpumpe 38 og resirkulasjonspumpen 58. Kurve 156 viser ytelsen for pumpen 38. Det er kjent at en centrifugalpumpe har en karakteristikk som tilsvarer kurven 156, ved at 20 ytelsen stadig reduseres når pumpen må arbeide mot stadig større trykk eller fluidmengde på utløpssiden. Hovedpumpen 38 har et foretrukket driftsområde 158, og fortrinnsvis vil den arbeide ved et optimalpunkt 160 hvor virkningsgraden er størst (BEP), dette 25 er angitt i sirkelen på kurven 156. Den ytelse som tilsvarer dette optimalpunkt 160 er angitt langs ytelsesaksen ved 161.

Tilsvarende har resirkulasjonspumpen 58 en driftskurve 162 med et foretrukket driftsområde 164. Denne pumpe bør velges slik at den arbeider ved et arbeidspunkt 166 innenfor driftsområdet 164 og ved en pumpeytelse 167 vesentlig større enn den for hovedpumpen 38 når denne arbeider innenfor sitt driftsområde og for eksempel i optimalpunktet 160.

Fig. 7 viser karakteristikken i form av kurven 162 for resirkulasjonspumpen 58, i større målestokk.

Fig. 7 viser videre en kurve 168 for trykkfallet, (head loss) gjennom kanalene 64 for de enkelte pumpeytelser.

Resirkuleringen av væske gjennom kanalene 64 tilsvarer en pumpeytelse 167 for resirkulasjonspumpen 58 minus pumpeytelsen 161 for hovedpumpen 38 og fremkommer som trykktapet via kanalene 64.

I optimalpunktet 160 arbeider hovedpumpen 38 ved en ytelse 161 angitt på abscissen på fig. 6 og 7, og ved arbeidspunktet 166 pumper resirkulasjonspumpen 58 ved en ytelse 167 et annet sted på abscissen på disse figurer. Det skal bemerkes at den vertikale 5 skala på fig. 7 er endret i forhold til den på fig. 6.

Strømningsdata for et resirkulasjonsrør 64A med den bestemte dimensjon 12,7 mm diameter og en 1,24 mm veggtykkelse er vist i den etterfølgende tabell I. Disse data ble beregnet ved antakelsen av en effektiv rørlengde på 1830 mm. Pumpeytelser eller 10 gjennomstrømninger i området 23850 l til 53420 l pr dag fører i henhold til tabellen til trykktap som tilsvarer en væskehøyde på mellom ca. 3 til ca. 15 m. Pumpeytelser vesentlig over 50 000 l pr dag (døgn) ville derfor sannsynligvis være uhensiktsmessige ved anvendelse av et rør med de gitte dimensjoner grunnet erosjons- 15 virkninger.

TABELL I

Strømningsforholdene for et enkelt rør med lengde 1830 mm og dimensjon 12,7 mm × 1,24 mm.

20

| Trykktap til- sv. en væs- keh. på (m) | Hastighet (m/s) | Væskestrøm (l/dag) | c* |
|---|--------------------|-----------------------|-------|
| 3 | 3,38 | 23880 | 87,5 |
| 6 | 4,78 | 33770 | 123,7 |
| 9 | 5,58 | 41370 | 151,5 |
| 12 | 6,76 | 47760 | 175,0 |
| 15 | 7,55 | 53405 | 195,6 |

30

*Konstanten i likningen $v_e = c/\sqrt{\rho}$ fra API RP 14E, i henhold til API "Recommended Practice for Design and Installation of Offshore Production Platform Piping Systems", 4. utgave 15. april 1984, side 22, avsnitt 2.5(a).

35

Det ser altså ut som om det for dette bestemte rør vil være hensiktsmessig å opprettholde en ytelse eller gjennomstrømning på for eksempel 48 000 l pr dag, hvilket fører til et trykktap

som tilsvarer omkring 12 m væskehøyde. Hvis man må ha en leveringsdyktighet på mer enn for eksempel 240 000 l pr dag (døgn) kreves minst 5 rør slik som rørene 64A, 64B etc. Det aktuelle arbeidspunkt 166 for resirkulasjonspumpen 58 blir bestemt ved skjæringen mellom 5 driftskurven 162 og kurven 168 for trykktapet slik det vises på fig. 7.

Hensikten med å forbiføre væske er å redusere voluminnholdet av gass som føres inn i rotasjonsskillekammeret 46 og forskyve den grense hvor separatorens virkningsgrad reduseres 10 vesentlig, og særlig den grense hvor fluid fra brønnen ikke lenger kan pumpes. Forbiføringen gir anledning til å pumpe fluid med større gassfraksjon, og dette skal illustreres med et eksempel:

Volumprosenten av gass i det fluid som føres inn i en konvensjonell roterende gass-separator (slik som separatoren 10 viser på fig. 1) og det tilsvarende voluminnhold som kan føres inn i en resirkulasjonsgass-separator (slik som separatoren 36 vist på fig. 3A-3B) er hhv. satt opp i likning 1 og likning 2 nedenfor. Formasjonsvolumfaktorene som benyttes i likningene er funnet i boken "Oilfield Hydrocarbon Systems" av M. B. Standing, 20 Reinhold Publishing Corp., New York City (1952).

$$G_k = \frac{(\beta_{2p} - \beta_o)100}{\beta_{2p} + WOR} \% \quad (1)$$

$$G_r = \frac{(\beta_{2p} - \beta_o)100}{\beta_{2p} + WOR + (Q_r/Q_{os})} \% \quad (2)$$

hvor:

30 G_k og G_r er gassfraksjonene for hhv. den konvensjonelle og den resirkulerende gass-separator,

β_o = Formasjonsvolumfaktoren ved et pumpeinntak av olje med oppløst gass

β_{2p} = Formasjonsvolumfaktor ved et pumpeinntak av olje med oppløst gass og med tillegg av fri gass

35 WOR = Vann/olje-forholdet (antall liter produsert vann i forhold til antall liter lagringsolje)

Q_r = Resirkulasjonsytelsen (i liter pr dag)

Q_{os} = Brønnens produksjon (antall liter lagringsolje pr dag).

I ett eksempel antas at de data som er vist i nedenstående tabell II er representative for brønnen:

TABELL II

| | | |
|----|--|-------------------------|
| 5 | Oljens egenvekt | 40° API (= 0,825 g/cm³) |
| | Gassens egenvekt | 0,9 |
| | Produksjonstrykk (BHP) ved pumpeinntaket | 41,4 bar |
| 10 | Vanninnhold (WOR = 3) | 75 % |
| | Brønn temperatur ved bunnen | 60°C |

I dette eksempel antas at det maksimale gassinnhold (regnet i volum) som kan tolereres i skillekammeret i enten separatoren 10 ifølge teknikkens stilling eller skillekammeret 15 46 i separatoren 36 i henhold til den foreliggende oppfinnelse, er 65 %. Det antas videre at de data som fremgår fra litteraturhenvisningen ovenfor, "Oilfield Hydrocarbon Systems" gjelder for den aktuelle brønn.

Problemet er da å bestemme det maksimale gass/olje-forhold (GOR) og det maksimale gass/væske-forhold (GLR) som brønnen kan leve med hhv. en konvensjonell roterende gass-separator 10 og med oppfinnelsens resirkulasjonsgass-separator 36, idet:

GOR = angis som forholdet mellom gassvolumet (i liter) og lagertankoljevolumet (også i liter), og hvor

GLR = angis som gassfraksjonen (i liter) i forhold til lager-tankoljevolumet med tillegg av vann (også i liter).

Fra tabell 3 i det litteratursted som er nevnt ovenfor (Oilfield Hydrocarbon Systems) fremgår at $\beta_o = 1,116$. Ved å sette likning (1) til 65 % kan derved bestemmes at $\beta_{2p} = 8,76$. Med denne verdi bestemmes fra tabell 1 i samme litteratursted at GOR = 356,2.

Man finner da at:

$$\text{GLR} = \text{GOR}/(\text{WOR} + 1) = 89,05 \quad (3)$$

Ved å sette likning (2) = 65 % for resirkulasjonsseparatoren 36 oppnås en fjerde likning for oppfinnelsens separator:

$$G_r = \frac{(\beta_{2p} - \beta_o)100}{\beta_{2p} + \text{WOR} + (Q_r/Q_{os})} \% = 65 \% \quad (4)$$

Hvis man skal velge en resirkulasjonspumpe 58 som gir en ytelse gjennom kanaler 64 på det dobbelte av ytelsen fra brønnen, regnet som det brønnfluid som føres inn i innløpene 100,
5 har man:

$$Q_r = 2 Q_{os} (\beta_o + WOR) \quad (5)$$

$$Q_r/Q_{os} = 2(\beta_o + WOR) \quad (6)$$

10

Ved å sette inn uttrykket for Q_r/Q_{os} i likning 4 reduseres til:

$$\beta_{2p} = 24,05 \quad (7)$$

15

Ut fra tabell 1 i litteraturstedet nevnt ovenfor fremgår da at GOR = 962. Følgelig kan GLR for resirkulasjonsseparatoren 36 bestemmes til:

$$GLR = GOR/(WOR + 1) = 240 \quad (8)$$

Dette eksempel viser evnen oppfinnelsens
20 resirkulasjonsseparatator 36 har til å kunne håndtere betydelig større gassvolumer enn det som er mulig med den konvensjonelle gass-separator 10. Velger man altså en resirkulasjonspumpe 58 som kan gi en resirkulasjonsytelse gjennom kanalene 64 på det dobbelte av ytelsen selve brønnen gir i innløpene 48, oppnås en økning i
25 GLR fra 89,05 til 240. Ved å velge en resirkulasjonspumpe 58 med enda større kapasitet vil gasshåndteringsevnen for resirkulasjons-gass-separatoren 36 kunne økes ytterligere.

Det fremgår av dette at oppfinnelsens separator og de fremgangsmåter som hører til denne lett oppnår de mål og fordeler
30 som er satt opp innledningsvis. Det er bare utførelseseksempler som her er vist og beskrevet, og varianter av disse vil kunne tenkes, så lenge de ikke fraviker fra oppfinnelsens ramme slik denne er fastlagt i de etterfølgende patentkrav.

35

P a t e n t k r a v

1. Gass-separator (36) for en neddykkbar brønnpumpe (12, 5 38), omfattende:

en roterende gass-skiller (44) for å skille væske som skal føres til brønnpumpen fra gassen, idet gass-skilleren (44) omfatter et skillekammer (46) på hvis oppstrømsside det er et brønnfluidinnløp (48) og på hvis nedstrømsside et væskeutløp (50),
10 og

en resirkulasjonsanordning (56) for å resirkulere en del av den væske som føres ut fra væskeutløpet (50) tilbake til skillekammeret (46), slik at gass/væske-forholdet i gass-skilleren (44) blir vesentlig lavere enn det tilsvarende forhold i det brønnfluid
15 som føres inn via brønnfluidinnløpet (48), **KARAKTERISERT VED** at resirkulasjonsanordning (56) omfatter:

en resirkulasjonspumpe (58) for å pumpe væske fra væskeutløpet (50) og til den neddykkbare brønnpumpe (12, 38),

en væskeutskiller (60) for å trekke ut en del av den væske som føres ut av resirkulasjonspumpen (58) før væsken når den neddykkbare brønnpumpe,

et væskeinjeksjonskammer (62) for å injisere den uttrukne væskedel via brønnfluidinnløpet (48) inn i gass-skilleren (44) på oppstrømssiden av skillekammeret (46), og

25 kanaler (64) for å føre den uttrukne væskedel fra væskeutskilleren (60) til injeksjonskammeret (62).

2. Separator ifølge krav 1, **KARAKTERISERT VED** at injeksjonskammeret (62) er anordnet på oppstrømssiden av brønnfluidinnløpet (48) på gass-skilleren (44).

30 3. Separator ifølge krav 1, **KARAKTERISERT VED** at væskeutskilleren (60) er anordnet på oversiden av resirkulasjonspumpen (58), at

resirkulasjonspumpen (58) er anordnet på oversiden av gass-skilleren (44), og at

35 gass-skilleren (44) er anordnet på oversiden av væskeinjeksjonskammeret (62).

4. Separator ifølge krav 3, **KARAKTERISERT VED** at gass-skilleren (44) har et separatorhus (74) med hovedsakelig sylinderisk ytterflate (76), og at kanalene (64) dannes av flere rør (64A -

64F) med hovedutstrekning parallell med separatorhusets (74) sentrale lengdeakse (78) og festet til dets ytterflate (76).

5. Separator ifølge krav 4, **KARAKTERISERT VED** en drivmotor (66) anordnet under væskeinjeksjonskammeret (62) og med en drivaksel (70) som strekker seg oppover fra motoren og er innrettet for å rotere gass-skilleren (44), resirkulasjonspumpens (58) rotor og rotoren i den neddykkbare brønnpumpe (12, 38), og

tilførselsledninger (84) koplet til motoren (66) og festet til separatorhusets ytterflate (76) nær rørene (64A - 64F) for 10 å gi maksimal klaring mellom separatoren (36) og det indre av et foringsrør.

15 6. Separator ifølge krav 2, **KARAKTERISERT VED** at væskeinjeksjonskammeret (62) omfatter et hovedsakelig sylinderisk kammerhus (108) med en injeksjonsåpning (112) for injisering av den uttrukne væskedel inn i injeksjonskammerets (62) indre kamervolum (110), og med en øvre ende (114) med et utløp (116) for å lede den uttrukne væskedel fra injeksjonskammeret og inn i gass-skilleren (44).

20 7. Separator ifølge krav 6, **KARAKTERISERT VED** at injeksjonsåpningen (112) hovedsakelig er rettet nedover, og at injeksjonskammeret (62) videre omfatter en avbøyer (118) for å lede væske fra åpningen (112) opp i kamervolumet (110).

25 8. Separator ifølge krav 1 eller 3, **KARAKTERISERT VED** at separatorhuset (74) har et innløp (124) i sin nedre ende (122) for å lede den uttrukne væskedel fra resirkulasjonsanordningen (56) inn i skillekammeret (46), hvilket innløp (124) er anordnet i en avstand fra brønnfluidinnløpet (48), slik at den resirkulerte væske føres inn i separatorhuset (74) et annet sted enn brønnfluidet.

30 9. Separator ifølge krav 8, **KARAKTERISERT VED** at resirkulasjonsanordningen (56) videre omfatter et hovedsakelig sylinderisk uttrekkskammer (90) med et omsluttende hus (88) hvis nedre ende (92) har ett eller flere innløp (92) for å lede væske fra gass-skillerens (44) utløp (50) inn i uttrekkskammeret, hvis øvre ende (96) har ett eller flere utløp (98) anordnet for å lede væske fra uttrekkskammeret (90) til den neddykkbare brønnpumpe (12, 38), og at huset (88) har en eller flere uttrekksåpninger (100) for å føre ut den væskedel som skal resirkuleres.

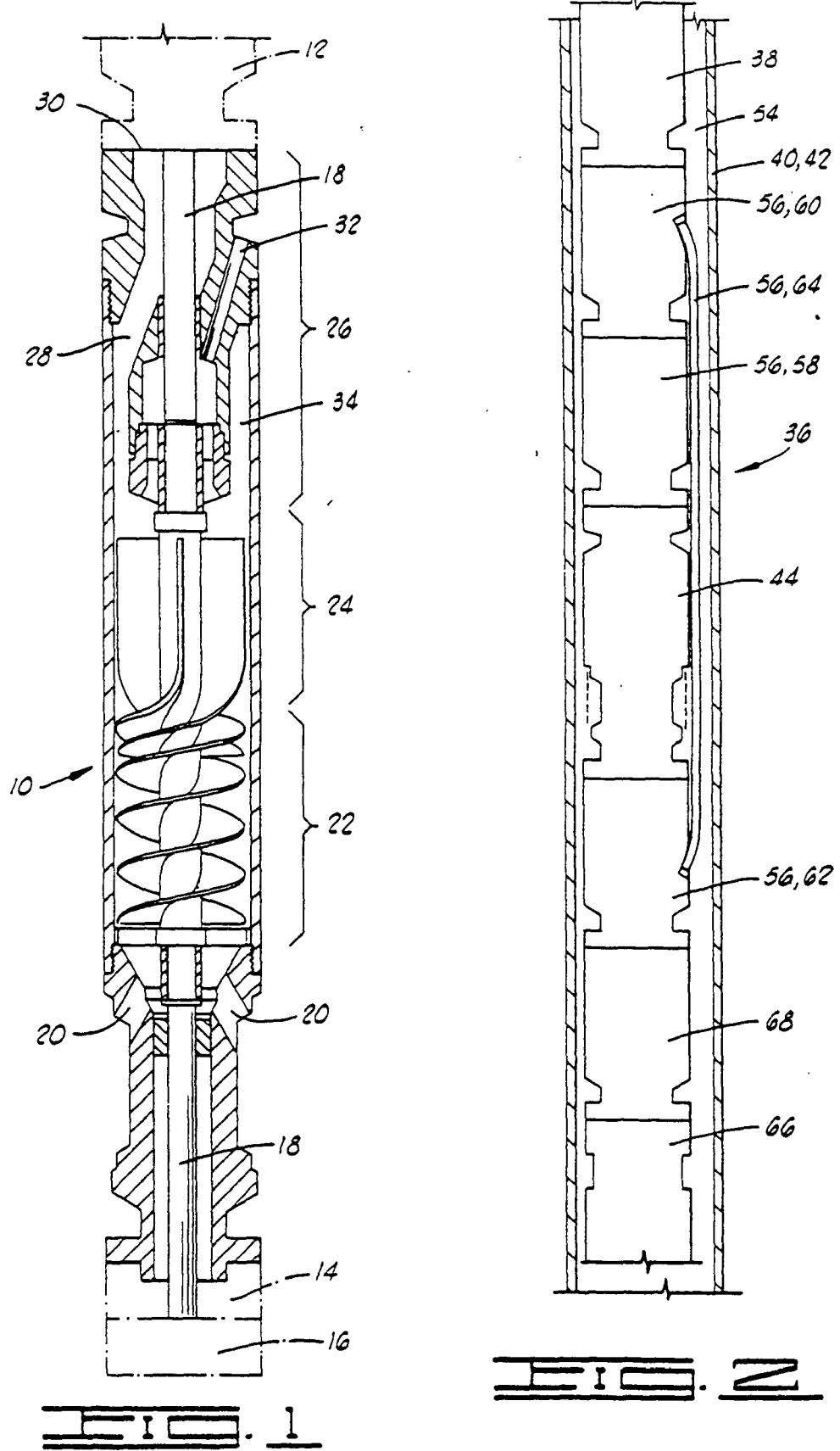
10. Separator ifølge krav 9, **KARAKTERISERT VED** at resirkulasjonsanordningen (56) videre omfatter en avbøyer (102) som strekker seg inn i uttrekkskammeret for å bøye av den uttrukne væskedel mot den ene eller hver uttrekksåpning (100).

5 11. Separator ifølge krav 1, **KARAKTERISERT VED** at gass-skilleren videre omfatter en utslippsåpning (52) på nedstrømssiden av skillekammeret (46).

12. Separator ifølge krav 1, **KARAKTERISERT VED** at gass-skilleren inngår i en roterende enhet med:

10 drivorganer (142) for å bevirke en hovedsakelig oppover-rettet aksial strøm av brønnfluid fra brønnfluidinnløpet (48),
virveldannende organer (144) for å tilveiebringe en virvel med høyt energiinnhold i den oppoverrettede fluidstrøm og for separering av fluidstrømmen i radial retning til en sentral
15 gasstrøm og en omsluttende sylinderisk væskestrøm, og
strømningsavbøyende organer (146) for å lede væskestrømmen mot brønnpumpen (12, 38) og gasstrømmen via en utslippsåpning til et ringrom (148) i brønnen.

13. Separator ifølge krav 1, **KARAKTERISERT VED** at
20 resirkulasjonspumpen (58) er dimensjonert for en betydelig større ytelse ved sitt arbeidspunkt enn den neddykkbare brønnpumpe (12, 38) ved sitt tilsvarende arbeidspunkt.



(KJENT TEKNIKK)

301661

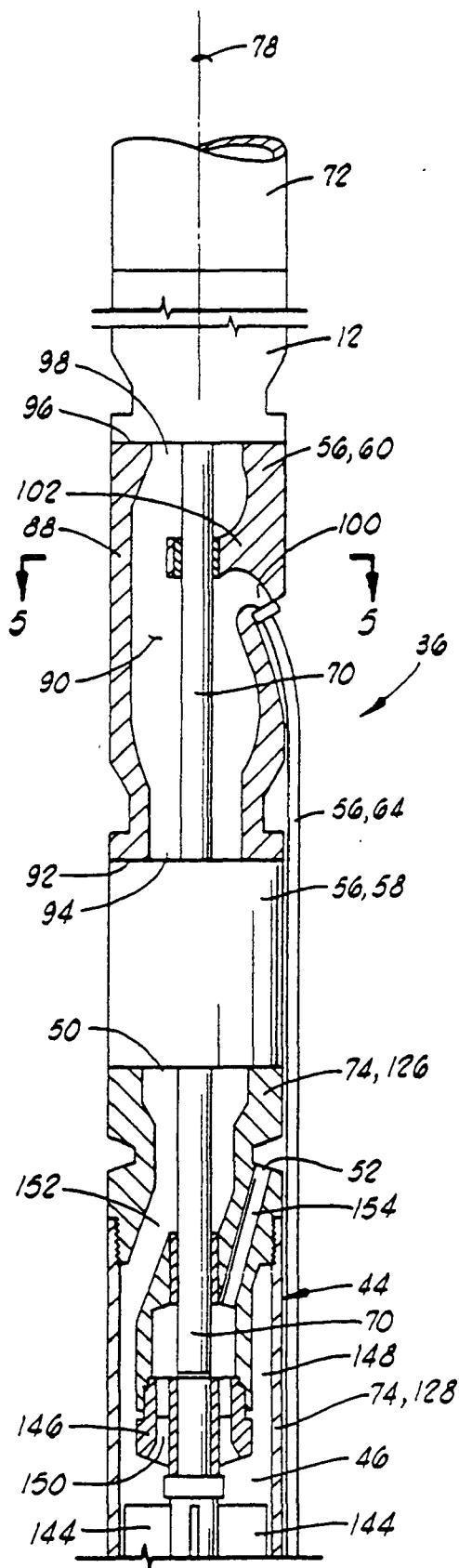


FIG. 3A

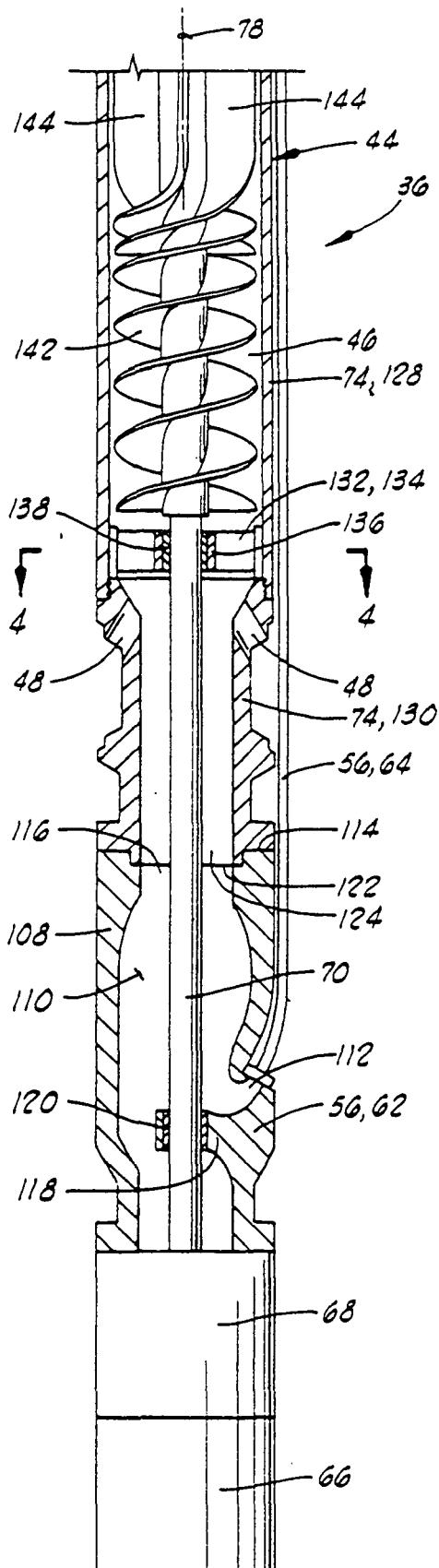
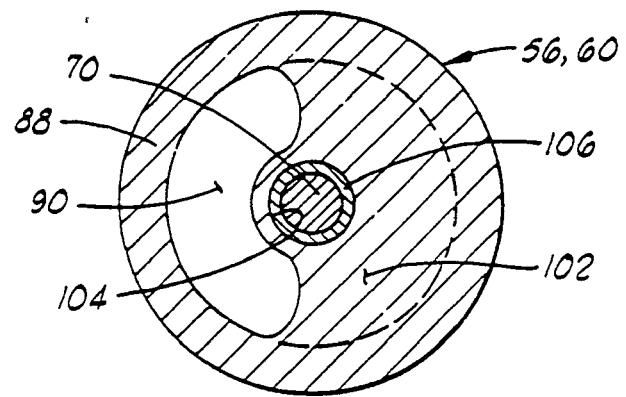
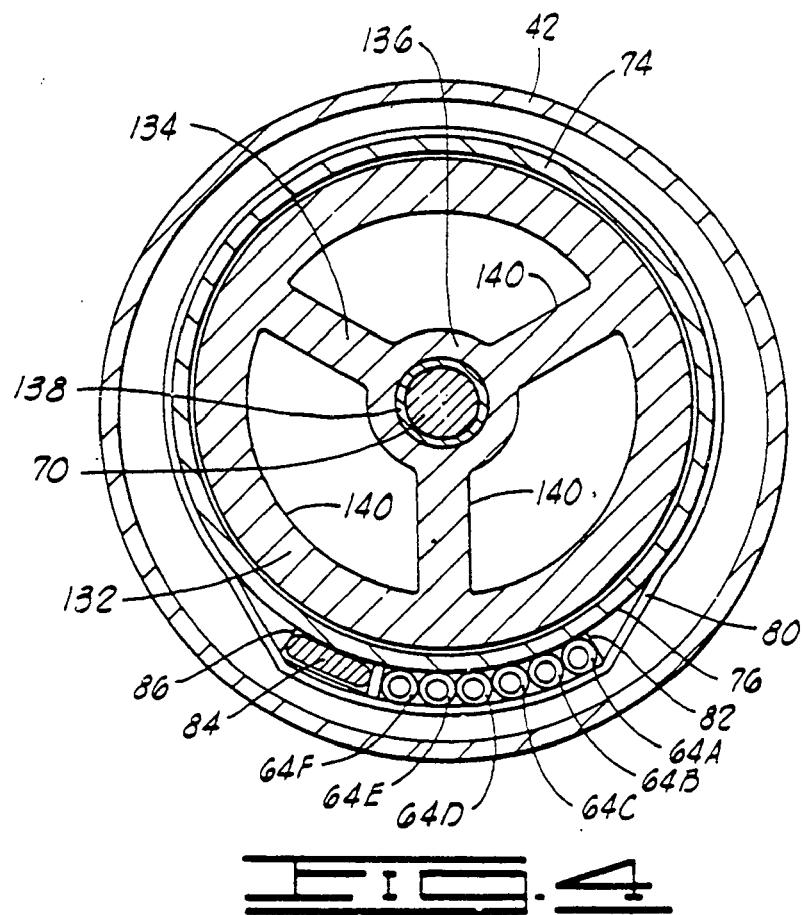


FIG. 3B

301661



— I — . 5

