



(12) PATENT

(19) NO

(11) 340238

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

*H02K 35/04 (2006.01)*

*E21B 41/00 (2006.01)*

*F03G 7/08 (2006.01)*

*G01V 11/00 (2006.01)*

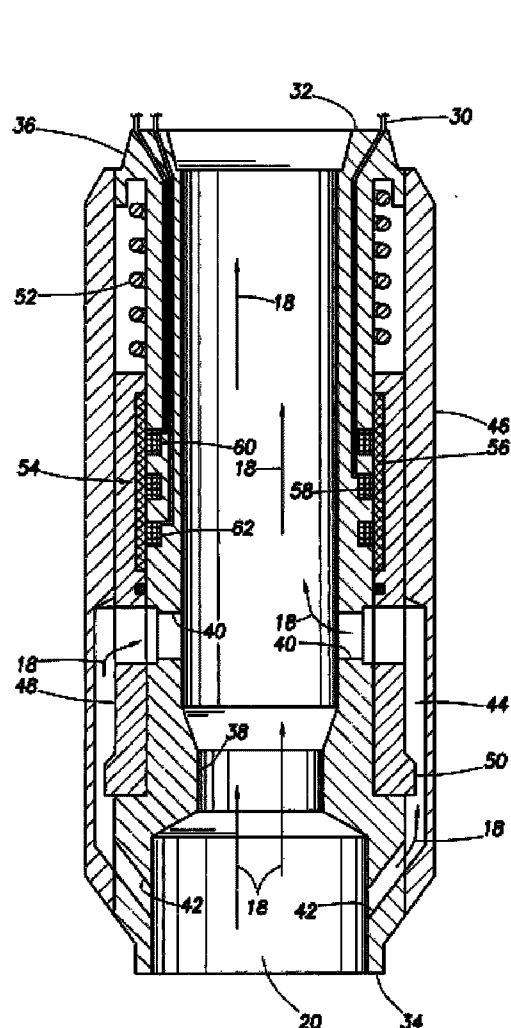
*H02K 7/18 (2006.01)*

## Patentstyret

|      |            |                                                              |      |                           |                                 |
|------|------------|--------------------------------------------------------------|------|---------------------------|---------------------------------|
| (21) | Søknadsnr  | 20074452                                                     | (86) | Int.inng.dag og søknadsnr | 2005.02.08<br>PCT/US2005/003911 |
| (22) | Inng.dag   | 2007.08.31                                                   | (85) | Videreføringsdag          | 2007.08.31                      |
| (24) | Løpedag    | 2005.02.08                                                   | (30) | Prioritet                 | 2005.02.08, WO, PCT/US05/003911 |
| (41) | Alm.tilgj  | 2007.08.31                                                   |      |                           |                                 |
| (45) | Meddelt    | 2017.03.27                                                   |      |                           |                                 |
| (73) | Innehaver  | Welldynamics Inc, 445 Woodline Drive, US-TX77386 SPRING, USA |      |                           |                                 |
| (72) | Oppfinner  | Timothy R Tips, 4002 Juniper Lane, US-TX77389 SPRING, USA    |      |                           |                                 |
| (74) | Fullmektig | Zacco Norway AS, Postboks 2003 Vikå, 0125 OSLO, Norge        |      |                           |                                 |

|      |                       |                                                  |
|------|-----------------------|--------------------------------------------------|
| (54) | Benevnelse            | <b>Nedihulls elektrisk strømgenerator</b>        |
| (56) | Anførte publikasjoner | US 6504258<br>US 5965964 A<br>US 2002/0096887 A1 |
| (57) | Sammendrag            |                                                  |

En nedihulls elektrisk strømgenereringssystem inkluderer en strømningsbegrensningsinnretning (48) som variabelt begrenser strømmen gjennom en åpning (40), i det begrensningssystemet vibrerer som respons på strømning gjennom åpningen og begrensningssystemet dermed vekselvis øker og reduserer strømmen gjennom åpningen; og en elektrisitetsgenereringssystem (54) som genererer elektrisitet som respons på vibrasjon av begrensningssystemet. Et annet nedihulls elektrisk strømgenereringssystem inkluderer en strømningsbegrensningsinnretning som vibrerer som respons på fluidstrømning gjennom en åpning, i det begrensningssystemet dermed vekselvis øker og reduserer strømmen gjennom åpningen; en trykkdifferanse over begrensningssystemet som variabelt forspenner begrensningssystemet for i økende grad å begrense strømmen gjennom åpningen.



Den foreliggende oppfinnelse vedrører generelt benyttet utstyr og utført operasjoner i forbindelse med en undergrunnsbrønn, og i en heri beskrevet utførelsesform, tilveiebringes mer spesifikt en nedihulls elektrisk strømgenerator.

Et bredt mangfold av nedihulls brønnverktøy kan bli benyttet, som er elektrisk drevet. For eksempel pr, strømningskontrollinnretninger, sensorer, prøvetakere, pakninger, instrumentering i brønnverktøy, telemetriinnretninger, etc., tilgjengelig, og andre kan utvikles i fremtiden, som benytter elektrisitet ved utførelses av deres respektive funksjoner.

Tidligere var de mest vanlige fremgangsmåter for tilførsel av elektrisk strøm til brønnverktøy ved hjelp av elektriske batterier og elektriske ledninger som går til et fjernt sted, slik som jordoverflaten. Uheldigvis kan ikke alle batterier operere i en lang tidsperiode ved nedihullstemperaturer, og de som kan det kan det må likevel skiftes ut periodisk. Elektriske ledninger som strekker seg over lange avstander kan ikke komme i veien for strømning, eller atkomst hvis de er anordnet i en rørstreng, og de kan bli skadd hvis de er anordnet innenfor eller utenfor rørstrengen.

Derfor kan det sees at det ville være svært fordelaktig å være i stand til å generere elektriske strøm nedihulls, for eksempel relativt nær et brønnverktøy som forbruker den elektriske strømmen. Dette ville fordelaktig eliminere behovet for batterier, eller i det minste tilveiebringe et middel for ladning av batteriene nedihullet, og ville fordelaktig eliminere behovet for å overføre elektrisk strøm over lange avstander.

US6504258 beskriver nedihullskraftgenerator omfattende et hus som har en første aksial strømningspassasje tilformet gjennom dette, en kraftgenerende struktur som innbefatter en dyse og en kraftgenerende sammenstilling. Dysen har en andre strømningspassasje tilformet gjennom denne og er i forbindelse med den første fluidstrømningspassasjen. Kraftgeneratoren innbefatter et element som vibreres som respons på fluidstrømning gjennom huset. Vibrasjon av elementet forårsaker at den kraftgenererende enheten genererer elektrisk effekt.

Ved utførelse av prinsippene i henhold til den foreliggende oppfinnelse er en nedihulls elektrisk strømgenerator tilveiebrakt som løser i det minste et problem i området. Et eksempel er beskrevet nedenfor, i hvilket en strømning gjennom en rørstreng blir benyttet for å vibrere en strømningsbegrensningsinnretning, for dermed å forflytte magneter i forhold til en eller flere elektriske spoler.

I et aspekt av oppfinnelsen er et nedihulls elektrisk strømgenereringssystem tilveiebrakt som inkluderer en strømningsbegrensningsinnretning for variabel begrensnings av strømmen gjennom en åpning. Strømningsbegrensningsinnretningen vibrerer som respons på strømning gjennom åpningen, hvor begrensningsinnretningen dermed alternativt øker og reduserer strømmen gjennom åpningen. En elektrisitetsgenereringsinnretning genererer elektrisitet som respons på vibrasjonen av begrensningsinnretningen. En dempeinnretning for styring av vibrasjonen til begrensningsinnretningen, hvor dempningsinnretningen inkluderer minst én spiral som blir aktivert med elektrisk strøm for variabelt å dempe begrensningsinnretningsvibrasjonen.

I et annet aspekt av oppfinnelsen inbefatter nedihulls elektrisk strømgenereringssystem et hus som inkluderer en indre spenningspassasje med en strømningsavleder deri, hvilken strømningsavleder skaper en trykkdifferanse i strømningspassasjen som inducerer en del av fluidstrømmen gjennom passasjen til å strømme inn i et ringrom som omkranser strømningspassasjen og å strømme fra ringrommet gjennom åpningen for å returnere til strømningspassasjen.

Disse og andre trekk, fordeler og formål med den foreliggende oppfinnelse vil fremgå for fagmannen innen området ved nøye betraktning av den detaljerte beskrivelse av representative utførelsesformer av oppfinnelsen nedenfor og de vedlagte tegninger.

Fig. 1 er et skjematisk delsnittriss av en nedihulls elektrisk strømgenereringssystem i henhold til den foreliggende oppfinnelse; og fig. 2 er et skjematisk snittriss i forstørret målestokk av en elektrisk strømgenerator som kan bli benyttet i systemet i fig. 1.

I fig. 1 er det representativt vist et nedihulls elektrisk strømgenereringssystem 10 i henhold til den foreliggende oppfinnelse. I den etterfølgende beskrivelse av systemet 10 og andre anordninger og fremgangsmåter beskrevet heri, blir retningsbetegnelser, slik som "over", "under", "øvre", "nedre", etc., benyttet for beleilig henvisning til de medfølgende tegninger. I tillegg skal det forstås at de ulike utførelsesformer av den foreliggende oppfinnelse beskrevet heri kan bli benyttet i ulike orienteringer, slik som på skrå, opp ned, horisontalt, vertikalt, etc. og i ulike konfigurasjoner, uten å fravike fra prinsippene ved den foreliggende oppfinnelse. De beskrevne utførelsesformer er bare

eksempler på nyttig anvendelser av prinsippene i henhold til oppfinnelsen, som ikke er begrenset til noen spesifikke detaljer i disse utførelsesformer.

Som vist i fig. 1 har en rørstreng 12 (slik som en produksjon-, injeksjon-, bore-, test- eller kveilerørstreng) blitt installert i brønnhullet 14. En elektrisk strømgenerator 16 er sammenkoplet i rørstrengen 12. Generator 16 generer elektrisk strøm fra fluidstrømmen (representert med pilen 18) gjennom en indre strømningspassasje 20 i rørstrengen 12.

Fluidet 18 er vist i fig. 1, strømmende oppover gjennom rørstrengen 12 (som om fluidet blir produsert), men det skal klart forstås at en bestemt strømningsretning ikke er nødvendig i henhold til prinsippene for oppfinnelsen. Fluidet 18 kan strømme nedover (som om det blir injisert) eller i en hvilken som helst annen retning. Videre kan fluidet 18 strømme gjennom andre passasjer (slik som et ringrom 22 dannet radielt mellom rørstrengen 12 og brønnhullet 14) for å generere elektrisitet, dersom dette er ønskelig.

Generator 16 er vist i fig. 1 ved å være elektrisk koplet til ulike brønnverktøy 24, 26, 28 via ledninger 30 utenfor rørstrengen 12. Disse ledningene 30 kunne isteden, eller i tillegg, være posisjonert inne i rørstrengen 12 eller i en sidevegg hos rørstrengen. Som et annet alternativ kan brønnverktøyene 24, 26, 28 (eller en hvilken som helst kombinasjon av den) være integrert utformet med for eksempel generatoren 16, slik at ledningen 30 ikke trenger å benyttes i det hele tatt, eller at ledningene kan være integrert i konstruksjonen av generatoren og i brønnverktøyet/brønnverktøyene.

Brønnverktøyet 24 er i fig. 1 vist som en elektrisk satt pakning. For eksempel kunne elektrisk strøm tilført via ledningene 30 bli benyttet for å initiere brenning av et drivmiddel for å generere trykk, for å sette pakningen, eller den elektriske strømmen kunne benyttes for å operere en ventil for å styre påføring av trykk til et settingsmekanisme, etc.

Brønnverktøyet 26 kan være en hvilken som helst type brønnverktøy, slik som en sensor, en strømningskontrollinnretning, en prøvetaker, en telemetriinnretning, etc. Brønnverktøy 26 kan også være representativ for instrumentering for et annet brønnverktøy, slik som en kontrollmodul, en aktuator, etc. for operasjon av et annet brønnverktøy. Som et annet alternativ kan brønnverktøy 26 være en eller flere batterier benyttet for å lagre elektrisk strøm for operasjon av andre brønnverktøyer.

Brønnverktøyet 28 er i fig. 1 vist som en strømningskontrollinnretning, slik som en glidehylseventil eller variabel struper. Brønnverktøyet 28 blir benyttet for å styre strømmen mellom passasjen 20 og ringrommet 22. Alternativt kan brønnverktøyet 28 være en strømningskontrollinnretning som kontrollerer strømmen i passasjen 20, slik som en sikkerhetsventil.

Selv om visse typer brønnverktøy 24, 26, 28 er beskrevet ovenfor som å bli operert ved bruk av elektrisk strøm generert av generatoren 16 skal det klart forstås at oppfinnelsen ikke er begrenset til bruk av generator 16 til en bestemt type brønnverktøy. Oppfinnelsen er ikke begrenset til noen bestemt type brønninstallasjon eller – konfigurasjon.

Ved i tillegg nå å henvise til fig. 2 er det representativt vist et tverrsnittriss av generatoren 16 i forstørret målestokk. Generatoren 16 er vist separat fra resten av systemet 10, idet det forstås at i bruk vil generatoren fortrinnsvis være sammenkoplet i rørstrengen 12 i øvre og nedre endekoplinger 32, 34 slik at passasjen 20 strekker seg gjennom generatoren.

Følgelig strømmer, i systemet 10, fluidet 18 oppover gjennom passasjen 20 i generatoren 16. Fluidet 18 kunne strømme i en annen retning (slik som nedover i passasjen 20 etc.) dersom generatoren 16 benyttes i et annet system.

Passasjen 20 strekker seg gjennom en generelt rørformet hus 36 hos generatoren 16. Huset 36 kan være et enkelt rørformet element, eller det kan være en sammenstilling av separate komponenter.

Bemerk at i huset 36 inkluderer en strømningsavleder 38 i form av en venturi i passasjen 20. Når fluidet 18 strømmer gjennom avlederen 38, blir en trykkdifferanse skapt, på en måte som godt forstås av fagmannen. Trykk i passasjen oppstrøms av avlederen 38 vil derfor være større enn trykket nedstrøms av avlederen.

Huset 36 inkluderer også åpninger 40 dannet gjennom dets sidevegg nedstrøms av avlederen 38, og åpninger 42 dannet gjennom dets sidevegg oppstrøms av begrensningen. Et ringrom 44 dannet mellom huset 36 og et ytre hus 46 er i kombinasjon av hver av åpningene 40 og 42. I stedet for å strømme direkte gjennom avlederen 38 blir således en del av fluidet 18 indusert av trykkdifferansen i passasjen 20

til å strømme gjennom åpningene 42 oppstrøms av avlederen 38 til kammeret 44, og fra kammeret gjennom åpningene 40 og tilbake i passasjen 20 nedstrøms av avlederen.

Bemerk at det ikke er nødvendig for avlederen 38 å inkludere en begrensning i passasjen 20 for å avlede delen av fluidet 18 til å strømme igjennom ringrommet 44. For eksempel kunne avlederen 38 i stedet inkludere en forstørret strømningsareal (slik som tilveiebrakt av en ringformet forsenkning) i passasjen 20 ved åpningene 40, slik at en trykkreduksjon skapes i ringrommet 44 via åpningene 40, som dermed trekker fluidet inn i kammeret fra passasjen via åpningene 42 oppstrøms av det forstørrede strømningsarealet. På denne måten kan trykkdifferansen bli skapt i passasjen 20 uten å begrense strømmen eller atkomstene gjennom passasjen.

En strømningsbegrensningsinnretning 48 er anordnet i kammeret 44. Innretningen 48 operer for variabelt å begrense strømmen gjennom åpningene 40, for eksempel ved å variere en uhindret strømningsareale gjennom åpningene. Innretningen 48 er vist som en hylse, men andre konfigurasjoner, slik som nåler, bur, plugg, etc. kan benyttes innenfor omfanget av oppfinnelsen.

Som vist i fig. 2 er åpningene 40 fullstendig åpne, og tillater relativt uhindret strøm gjennom åpningene. Hvis imidlertid innretningene 48 blir forskjøvet oppover vil strømningsarealet gjennom åpningene 40 bli hindret i økende grad, som dermed i økende grad begrenser strømmen gjennom åpningene.

Innretning 48 har en utoverragende ringformet fremspring 50 dannet derpå som begrenser strømmen gjennom kammeret 44. På grunn av denne begrensningen blir et annet trykkdifferanse skapt i kammeret 44 mellom oppstrøms- og nedstrømssider av fremspringet 50. Når fluidet 18 strømmer gjennom kammeret 44 forspenner trykkdifferansen over fremspringet 50 innretningen 48 i en oppoverretning, med andre ord i en retning som opererer for i økende grad for å begrense strømmen gjennom åpningene 40.

Oppoverforskyvning av innretningen 48 blir begrenset av en forspenningsinnretning 52, slik som en spiralfjær, en gassladning, etc. Forspenningsinnretningen 52 påfører en nedoverrettet forspenningskraft til innretningen 48, med andre ord i en retning som opererer i en synkende grad å begrense strømmen gjennom åpningene 40.

Hvis kraften påført innretningen 48 grunnet trykkdifferansen over fremspringet 50 overskrider forspenningskraften påført av forspenningsinnretningen 52 vil innretningen 48 forskyves oppover og i økende grad begrense strømmen gjennom åpningene 40. Hvis forspenningskraften påført av forspenningsinnretningen 52 til innretningen 48 overskrider kraften grunnet trykkdifferansen over fremspringet 50 vil innretningen 48 forskyves nedover og i synkende grad begrense strømmen gjennom åpningene 40.

Bemerk at hvis strømmen gjennom åpningene 40 blir begrenset i økende grad så vil trykkdifferansen over fremspringet 50 reduseres og mindre oppoverkraft påføres innretningen 48. Hvis strømming gjennom åpningene blir mindre begrenset vil trykkdifferansen over fremspringet 50 øke og mer oppoverkraft bli påført innretningen 48.

Når innretningen 48 forskyves oppover blir strømmen gjennom åpningene 40 således ytterligere begrenset, men mindre oppoverkraft blir påført innretningen. Når innretningen 48 forskyves nedover blir strømmen gjennom åpningene 40 mindre begrenset, men mer oppoverkraft bli påført innretningen. Fordelaktig får denne vekslingen i økning og i reduksjon av krefter påført innretningen 48 i stand en vibrerende opp- og –nedforflytning av innretningen i forhold til huset 36.

En elektrisk strømgenereringsinnretning 54 benytter denne vibrasjonsforflytningen av innretningen 48 til å generere elektrisitet. Som vist i fig. 2 inkluderer genereringsinnretningen 54 en stabel med ringformede permanente magneter 56 båret på innretningen 48, og en spiral eller kveil 58 båret på huset 36.

Selvfølgelig kan disse posisjonene for magnetene 56 og spiralen 58 være motsatt, og andre typer genereringsinnretninger kan benyttes innenfor omfanget av den foreliggende oppfinnelse. For eksempel kan hvilken som helst av genereringsinnretningene beskrevet i US patent nr. 6,504,258, i US-publisert søknad nr. 2002/0096887, eller i US-søknad med serienumre 10/826,952, 10/825,350 og 10/658,899 benyttes i stedet for genereringsinnretning 54. Hele beskrivelsen til det ovennevnte patent og de løpende søknader er innkorporert heri som referanse.

Det vil enkelt forstås av fagmannen innen området at når magnetene 56 forflyttes i forhold til spiralen 58 blir elektrisk strøm generert i spiralen. Siden innretningen 48 forflyttes vekselvis oppover og nedover i forhold til huset 36, blir vekslende polariteter med elektrisk strøm generert i spiralen 58 og i genereringsinnretningen 54 produseres

således vekselstrøm. Denne vekselstrømmen kan bli omdannet til likestrøm, og om ønskelig, ved bruk av velkjente teknikker for fagmannen innen området.

Bemerk at generatoren 16 kunne benyttes for å produsere elektrisk strøm selv om fluidet 18 skulle strømme nedover gjennom passasjen 20, for eksempel ved å snu generatoren i rørstrengen 12. Oppfinnelsen er således ikke begrenset til den spesifikke konfigurasjonen av generatoren 16 beskrevet ovenfor.

Det kan være ønskelig å være i stand til å regulere vibrasjonen av innretningen 48, eller å stoppe forflytningen av hele innretningen. For eksempel kan skade på genereringsinnretningen 54 forhindres, eller levetiden forbedres, ved å begrense amplituden og/eller frekvensen til vibrasjonsforflytningen av innretningen 48. For dette formål kan genereringsinnretningen 54 inkludere en eller flere tilleggspiraler eller dempeinnretninger 60, 62 som kan bli aktivert med elektrisk strøm for å variere amplituden og/eller frekvensen for forflytning av innretningen 48.

Den elektriske strømmen for å aktivere dempeinnretningene 60, 62 kan ha blitt tidligere produsert av genereringsinnretningen 54 og lagret i batterier eller annen lagringsinnretning (ikke vist i fig. 2). Etter aktivering kan magnetfelter produsert av dempeinnretningene 60, 62 dempe vibrasjonsforflytningen av innretningen 48, og hvis vi er sterke nok, til og med forhindre slik forflytning.

Bemerk at i stedet for at ringrommet 44 er dannet mellom huset 36 og det ytre huset 46, kan ringrommet 44 være ringrommet 22, i hvilket tilfelle det ytre huset 46 ikke trenger å benyttes i det hele tatt. Fluidandelene 18 kan således bli omledet fra passasjen 20 til ringrommet 22 via åpningene 42, og så returnere til passasjen via åpningene 40. Som et annet alternativ kan fluidet 18 strømme fra ringrommet 22 inn i passasjen 20 via åpningene 40, uten først å bli avledet fra passasjen til ringrommet via åpningene 42. I dette alternativet ville avlederen 38 åpningene 42 og det ytre huset 46 ikke benyttes, og innretningen 48 skape en trykkdifferanse i ringrommet 22 grunnet fluidet 18 som strømmer forbi fremspringet 50 i ringrommet.

P a t e n t k r a v

1. Nedihulls elektrisk strømgenereringssystem, innbefatter:
  - en strømningsbegrensningsinnretning (48) som variabelt begrenser fluidstrømning gjennom en åpning (40), i det strømningsbegrensningsinnretningen vibrerer som respons på fluidstrømmen, og begrensningsinnretningen dermed vekselvis øker og reduserer fluidstrømmen gjennom åpningen;
  - en elektrisitetsgenereringsinnretning (54) som genererer elektrisitet som respons på vibrasjon av begrensningsinnretningen;
  - en dempeinnretning (60, 62) for styring av vibrasjonen til begrensningsinnretningen, **k a r a k t e r i s e r t v e d a t** dempningsinnretningen (60, 62) inkluderer minst én spiral som blir aktivert med elektrisk strøm for variabelt å dempe begrensningsinnretningsvibrasjonen.
2. System i henhold til krav 1, **k a r a k t e r i s e r t v e d** at genereringsinnretningen inkluderer minst en magnet som forflyttes i forhold til minst en spiral som respons på vibrasjonen av begrensningsinnretningen.
3. System i henhold til krav 1, **k a r a k t e r i s e r t v e d** at dempeinnretningene styrer en frekvens for begrensningsinnretningsvibrasjonen.
4. System i henhold til krav 1, **k a r a k t e r i s e r t v e d** at dempeinnretningen styrer en amplitude for begrensningsinnretningsvibrasjonen.
5. System i henhold til krav 1, **k a r a k t e r i s e r t v e d** å innbefatte et hus som inkluderer en indre spenningspassasje med en strømningsavleder deri, hvilken strømningsavleder skaper en trykkdifferanse i strømningspassasjen som inducerer en del av fluidstrømmen gjennom passasjen til å strømme inn i et ringrom som omkranser strømningspassasjen og å strømme fra ringrommet gjennom åpningen for å returnere til strømningspassasjen.
6. System i henhold til krav 5, **k a r a k t e r i s e r t v e d** at begrensningsinnretningen variabelt begrenser fluidstrømmen fra ringrommet gjennom åpningen til strømningspassasjen.
7. System i henhold til krav 6, **k a r a k t e r i s e r t v e d** at begrensningsinnretningen inkluderer et fremspring som skaper en trykkdifferanse i

ringrommet som respons på fluidstrømmen gjennom ringrommet, i hvilke trykkdifferanse i ringrommet forspenner begrensningsinnretningen for i økende grad og begrense fluidstrømmen gjennom åpningen.

8. System i henhold til krav 7, k a r a k t e r i s e r t v e d å innbefatte en forspenningsinnretning som påfører en forspenningskraft til begrensningsinnretningen i en retning for i synkende grad å begrense fluidstrømmen gjennom åpningen.

+

1/2

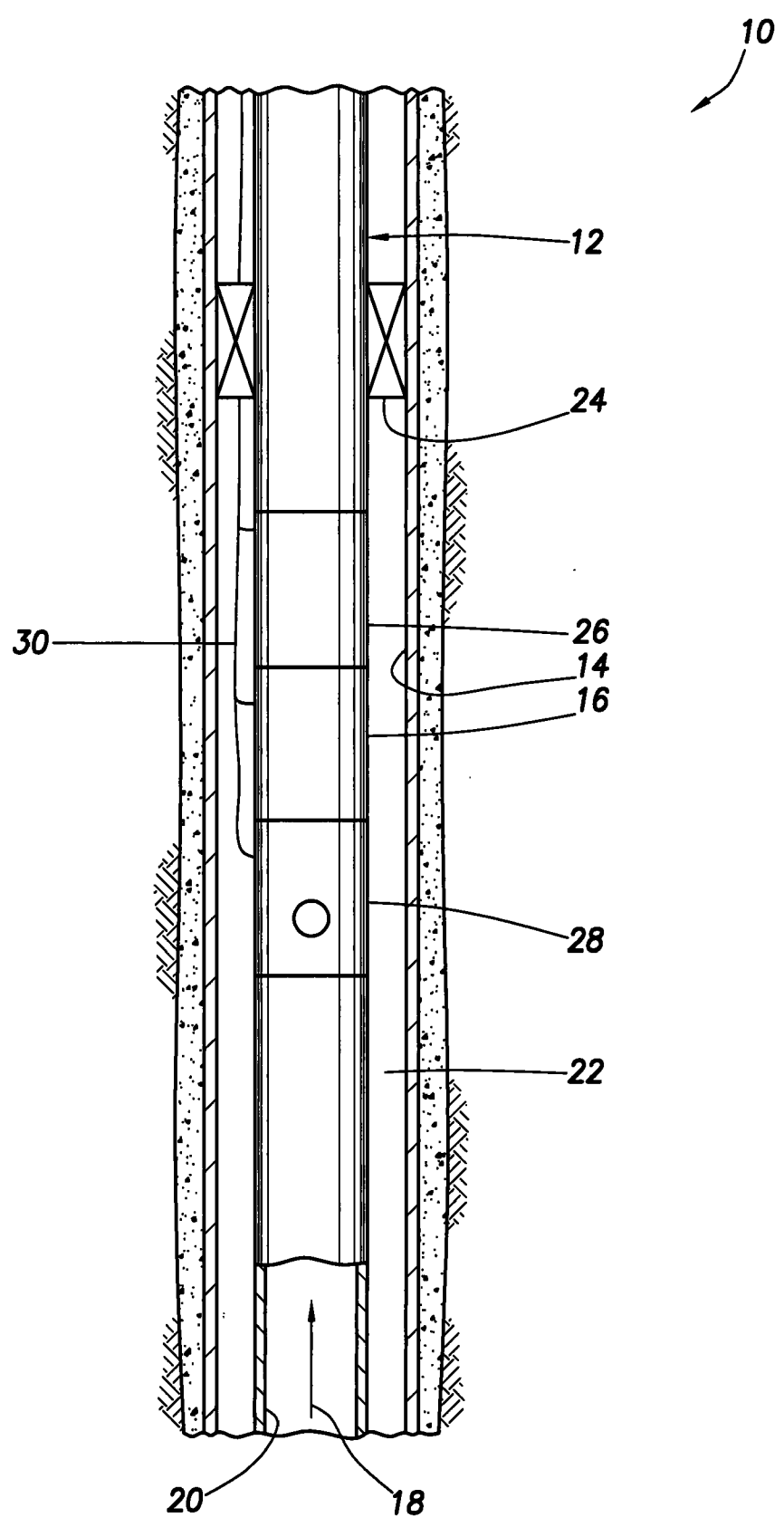


FIG. 1

+

+

2/2

16

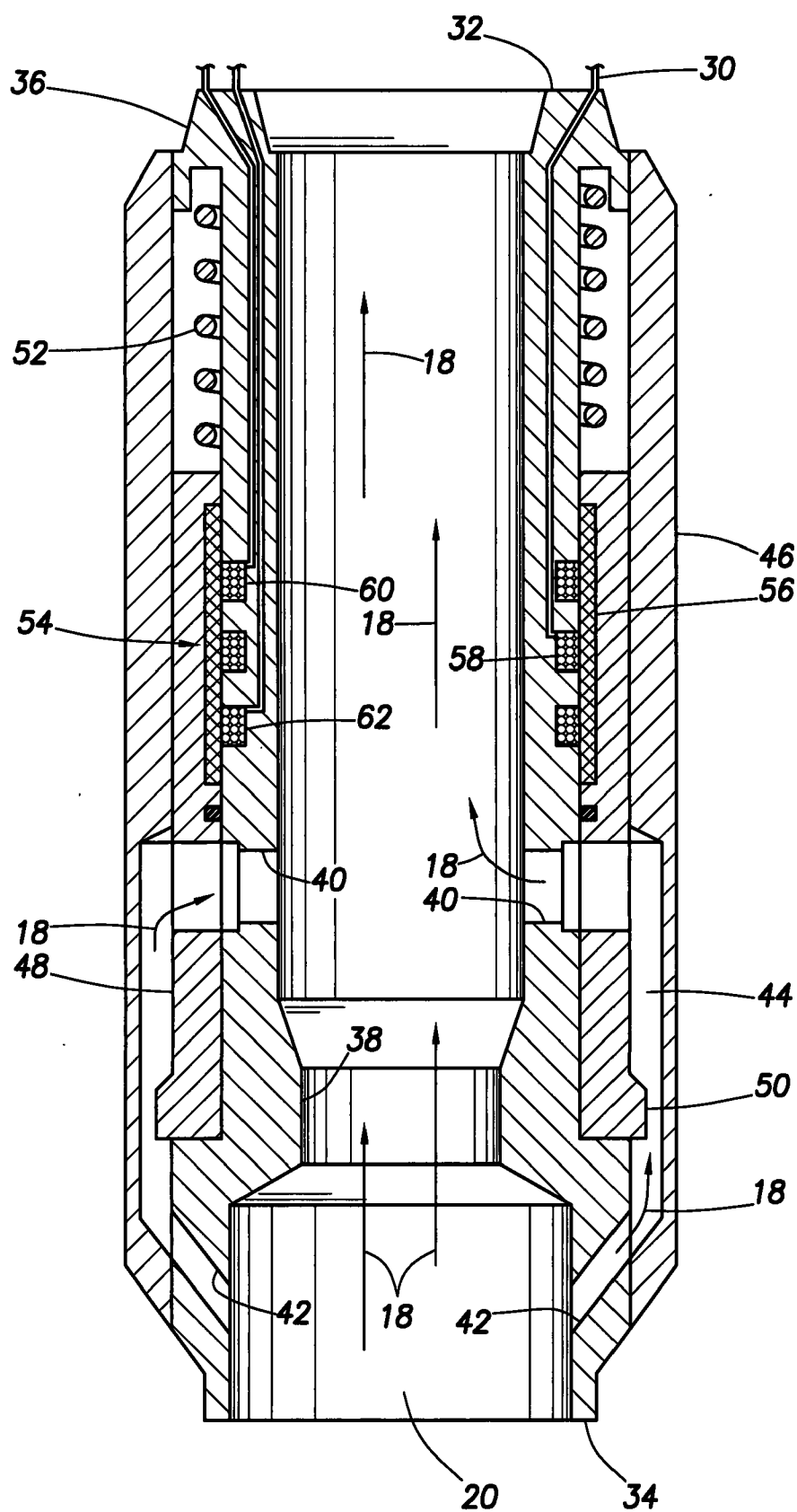


FIG. 2

+