

(19) DANMARK



(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT (11) 146661 B



DIREKTORATET FOR
PATENT- OG VAREMÆRKEVÆSENEN

(21) Patentansøgning nr.: 0618/79

(51) Int.Cl.³: E 21 B 43/26

(22) Indleveringsdag: 14 feb 1979

(41) Alm. tilgængelig: 13 mar 1979

(44) Fremlagt: 28 nov 1983

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 22 maj 1978 GB 21052/78

(71) Ansøger: *SHELL INTERNATIONALE RESEARCH MAATSCHAPPIJ B.V.; Haag, NL.

(72) Opfinder: Rudolf *Haafkens; NL, Rafael Fernandez *Luque; NL, Willem De *Vries; NL.

(74) Fuldmægtig: Ingeniørfirmaet Giersing & Stelling ApS

(54) Fremgangsmåde til dannelse af kanaler med høj væskeledningsevne i formationsdele omkring et borehul

(57) Sammendrag:

- (4) fortsættelse af indsprøjtningen af syreopløsningen gennem perforeringerne indtil der er etstet kanaler i overfor hinanden liggende områder af brudvæggene,
- (5) senkning af væsketrykket i bruddet, således at brudvæggene kan forskydes mod hinanden, og
- (6) senkning af den viskose væskes viskositet.

618-79

Fremgangsmåde til dannelse af kanaler med høj væskeledningsevne i forholdvis hårde syreopløselige formationsdele omkring et borehul, hvilken fremgangsmåde omfatter den nedennævnte rækkefølge af trin:

- (1) anbringelse af en foring i brønden og dannelse af et flertal perforeringer i foringens væg over ihvertfald en del af brønden udfor formationen,
- (2) dannelse af et brud i formationen indeholdende en viskos væske med afstivningsmiddel ved et væsketryk ved hvilket bruddet holdes åbent,
- (3) indsprøjtning af en vandig syreopløsning gennem perforeringerne i bruddet ved et tryk, ved hvilket bruddet forbliver åbent, hvorhos viskositetsforholdet mellem den viskose væske og syreopløsningen vælges således, at den viskose væske fortrænges i bruddet på ustabil måde ved hjælp af syreopløsningen;

DK 146661 B

- 1 -

Opfindelsen angår en fremgangsmåde til dannelselse af kanaler med høj væskeledningsevne i en hård, syreopløselig, carbonhydridholdig formation omkring en brønd, navnlig i en kalkstensformation med Brinell-hårdhed på over 15, hvilken fremgangsmåde omfatter de i indledningen 5 til krav 1 anførte trin.

Størstedelen af de kendte fremgangsmåder til forøgelse af produktiviteten af formationer omkring et borehul gør brug af en kombination af bruddannelse i formationen og syrebehandling. Der kan eventuelt til- 10 sættes et propmateriale til yderligere forøgelse af produktiviteten.

Der kendes et stort antal sådanne fremgangsmåder. I GB-patentskrift 672 789 beskrives en fremgangsmåde, ved hvilken der dannes brud i formationen ved indsprøjtning af et viskøst bruddannelsesmedium, som 15 eventuelt indeholder et propmateriale. Derefter kan der indsprøjtes en syreopløsning i bruddet til formindskelse af viskositeten af bruddannelsesmediet og til reaktion med formationen.

US-patentskrift 2 689 009 omtaler indsprøjtningen ved bruddannel- 20 sestryk af en viskos emulsion af en syre og en olie, hvilken emulsion indeholder et propmateriale, efterfulgt af indsprøjtningen af en vandig syre til nedbrydning af emulsionen og reaktion med formationen.

US-patentbeskrivelse 3 044 549 beskriver indsprøjtning af en blanding af olie, syre og et propmateriale ved bruddannelsestryk i en olie- 25 holdig formation.

US-patentbeskrivelserne 3 285 340 og 3 481 401 omtaler begge bruddannelse ved hjælp af et viskøst medium, efterfulgt af indføring af et 30 propmateriale i bruddet. Derefter lukkes bruddet, og der indsprøjtes syre gennem bruddet, der indeholder propmateriale. Materialet er enten deformerbart og syreresistent eller gennemtrængeligt og fyldt med overfladeaktivt stof. Materialet beskytter lokalt brudvæggene mod syrean-

- 2 -

greb, hvilket medfører, at der dannes søjler i brudvæggene, hvor disse er i berøring med propmaterialet.

5 US-patentbeskrivelse 3 642 068 beskriver bruddannelse ved hjælp af et viskøst medium efterfulgt af indføring af et propmateriale i bruddet. Materialet forskydes til en fjern beliggenhed i bruddet ved hjælp af en syre, som ætser de dele af brudvæggene, som er i nærheden af borehullet. Derefter lukkes bruddet.

10 US-patentskrift 3 842 911 beskriver dannelsen af et brud og indføringen af et propmateriale i bruddet, efterfulgt af fuldstændig lukning af bruddet omkring propmaterialet og indsprøjtning af syre under betingelser, ved hvilke bruddet forbliver lukket.

15 Endelig omtaler US-patentbeskrivelse 3 768 564 dannelsen af et brud uden brug af et propmateriale, syrebehandling af det åbne brud og fortsættelse af syrebehandlingen, efter at bruddet er blevet lukket.

20 Selvom der kan opnås gode resultater med størstedelen af de ovennævnte fremgangsmåder, er det ofte ønskeligt ved olieudvindingsprocesser i hårde, syreopløselige formationer at forøge produktiviteten i højere grad, end det er muligt ved disse fremgangsmåder.

25 Den foreliggende opfindelse har til formål at forøge den produktionsforøgelse, som kan opnås ved en fremgangsmåde af den indledningsvis angivne art til dannelse af kanaler med høj væskeledningsevne i en hård, syreopløselig carbonhydridholdig formation omkring en brønd, og formålet opnås ved at udøve fremgangsmåden som angivet i den kendetegnende del af krav 1.

30

Opfindelsen er nærmere forklaret i det følgende under henvisning til tegningen, på hvilken

35 fig. 1 viser et lodret snit af et borehul gennem en underjordisk formation,

- 3 -

- fig. 2 i større målestok et snit efter linien II-II i fig. 1 af det i formationen dannede brud,
- fig. 3 det i fig. 2 viste snit efter indføring af afstivningsmiddel i bruddet,
- 5 fig. 4 det i fig. 3 viste snit efter indsprøjtning af syre i bruddet og ætsning af et kanalsystem i brudvæggene og
- fig. 5 det i fig.4 viste snit efter ophævelse af væsketrykket i bruddet.

10

Den i fig. 1 viste formation er en kalkstensformation, som indeholder carbonhydrider i sine porerum, hvilke carbonhydrider skal hentes op gennem borehullet eller brønden 2, som strækker sig gennem formationen 1 og gennem den overliggende formation 3. Brønden 2 er forsynet med udstyr, som normalt anvendes til dette formål. Det er derfor ikke 15 nærmere vist på tegningen. Til forøgelse af produktiviteten af formationen 1 ved fremgangsmåden ifølge opfindelsen dannes der først et lodret brud 4 i formationsdelen omkring brønden 2 ved indsprøjtning af en bruddannelsesvæske i formationen. Denne væske indføres fra det indre 20 af brønden 2 i formation 1's borehulrum gennem perforeringer 5, som er frembragt i brønden 2's foring 6. Væsken indsprøjtes ved et tryk, som er tilstrækkeligt højt til at danne brud i formationen.

Til dette øjemed kan anvendes en hvilken som helst type af bruddannelsesvæske, enten viskos eller ikke-viskos, som er egnet til dannelse af brud i formationen 1. Eksempler på viskose væsker er gelholdigt vand, emulsioner af carbonhydrider i vand, emulsioner af vand i carbonhydrider og gelholdige carbonhydrider. Til denne viskosebruddannelsesvæske kan tilsættes et viskositetsnedbrydende middel, som nedbryder 30 bruddannelsesvæskens viskositet efter et bestemt tidsrum, enten under indvirkning af temperaturen i den brudte formation eller ved forsinket kemisk reaktion eller ved en hvilken som helst anden mekanisme. Sådanne viskositetsnedbrydende midler er i og for sig kendt og behøver ikke at beskrives nærmere. Det samme gælder for sammensætningen af 35 bruddannelsesvæsken, de viskositetsdannende midler og de midler, som

- 4 -

hindrer væsketab, og som eventuelt er tilsat dertil, og injektionstryk-
kene, som skal benyttes for at fremkalde et brud.

Efter at bruddet 4 er frembragt holdes det åbent ved opretholdel-
5 se af et tilstrækkeligt højt tryk af bruddannelsesvæsken. Bruddet 4's
vægge 7 og 8 (se fig.2, som viser en forstørret detalje af snittet
II-II i fig. 1) holdes således i en indbyrdes afstand på flere milli-
meter, og rummet mellem væggene indeholder bruddannelsesvæsken 9.

10 Derefter fortrænges bruddannelsesvæsken 9 fra bruddet 4 ved ind-
sprøjtning af et viskøst bæremedium 10 indeholdende et afstivningsmid-
del 11 gennem brønden 2 og perforeringerne 5 ind i bruddet 4. Viskosi-
teten af bærevæsken vælges lig med eller højere end viskositeten af
bruddannelsesvæsken og er ihvertfald tilstrækkelig til at transportere
15 afstivningsmidlet 11 ind i bruddet 4. Som følge heraf opnås der en sta-
bil fortrængning mellem bærevæsken 10 og bruddannelsesvæsken 9, og ved
fortsat indsprøjtning af bærevæsken 10 fyldes bruddet med denne væske
over hele sin højde (se fig. 3). Da bærevæsken 10 indeholder et afstiv-
ningsmiddel 11 fyldes bruddet 4 også med propmateriale over hovedsage-
20 lig hele sin højde. Indsprøjtningen af bæremidlet med afstivningsmidlet
fortsættes, indtil afstivningsmidlet er tæt sammenpakket i bruddet 4.
Det vil forstås, at bærevæsken kan have samme sammensætning som brud-
dannelsesvæsken.

25 Afstivningsmidler, som er egnet til anvendelse ved fremgangsmåden
ifølge opfindelsen, er kornformede partikler som f.eks. silicasand.
Opfindelsen er imidlertid ikke begrænset til brugen af sådant sand, men
der kan også anvendes andre afstivningsmidler med dimensioner, som
muliggør indføring af midlet i bruddet 4, og med resistens overfor de i
30 bruddet værende væsker og tryk. Eksempler herpå er glasperler, kornfor-
mede partikler af mineraler, knuste kokspartikler eller nøddeskaller,
fx. valnøddeskaller eller kokosnøddeskaller.

Derefter pumpes en syreopløsning ned gennem brønden under et tryk,
35 ved hvilket opløsningen træder ind i bruddet 4 og holder dettes vægge i

- 5 -

en sådan indbyrdes afstand, at afstivningsmidlet ikke sammenpresses derved. Opløsningen træder ind i dette brud gennem perforeringerne 5 i foringen 6, hvilke perforeringer er fordelt over den del af foringen 6, som ligger udfor den olieproducerende del af formationen 1. Ved passende valg af sammensætningen af bærevæsken 10 opretholdes dennes oprindelige viskositet hovedsagelig mindst i det tidsrum, i hvilket syreopløsningen indsprøjtes i bruddet, som indeholder den viskose bærevæske 10 med afstivningsmidlet 11. Syren indsprøjtes ved et tilstrækkeligt højt tryk til at forhindre lukning af bruddet 4.

10

Viskositetsforholdet mellem den viskose bærevæske 10 og syreopløsningen vælges således, at fortrængningen af bærevæsken i bruddet ved hjælp af syreopløsningen, som indføres i bruddet, er ustabil, hvilket medfører en såkaldt forgrening af syreopløsningen gennem den viskose masse af bærevæsken. En sådan ustabil fortrængning opnås allerede ved forholdsvis lave værdier af viskositetsforholdet, fx. af størrelsesordenen 50. For at holde tværsnitsarealet af syrens strømningsveje tilstrækkeligt lille til at fremme en ønsket udbredning af disse strømningsveje i bruddet i sideretningen i forhold til brønden kan dette viskositetsforhold forøges til en værdi på 150 eller derover. En udmærket forgrenet fortrængning kan opnås ved et viskositetsforhold mellem 200 og 300. Viskositetsforholdet måles ved de i bruddet herskende betingelser.

25

Det vil forstås, at brugen af et flertal perforeringer 5 i den lodrette foring 6, anbragt i forskellige niveauer over den udfor den oledannende formation 1 liggende del af foringen bevirker dannelse af et antal forgrenede strømningsveje 12 af syren gennem den viskose bærevæske, hvilke strømningsveje er hovedsagelig ensartet fordelt over højden af bruddet 4.

30

De forgrenede strømningsveje 12, som følges af syreopløsningen og udgår fra perforeringerne 5, danner basis i et kanalsystem, som derefter ætzes i bruddet 4's vægge 7 og 8 ved indvirkningen af syreopløsningen på materialet i væggene under fortsat indsprøjtning af syre i brud-

35

- 6 -

det 4. Fig. 4 viser snittet ifølge fig. 3, medens syreopløsningen 13 føres derigennem. Strømningsveje for syreopløsningen er begrænset af brudvæggene 7 og 8 og af det i bruddet værende viskose bæremedium 10. I væggene 7 og 8 ætzes kanaler 14 og 15 ved kemisk reaktion mellem syre- 5 opløsningen og kalkstenen i formationen 1. Ihvertfald en del af afstivningsmidlet i syreopløsningens strømningsvej kan fortrænges fra disse veje ved fortrængning af bærevæsken 10 på disse steder.

Det vil forstås, at der findes et stort antal syrer, enten uorga- 10 niske eller organiske, der er i stand til at ætse den pågældende formation, som skal behandles ved fremgangsmåden ifølge opfindelsen. Til ætstning af en kalkstensformation kan der gøres brug af en vandig opløsning af saltsyre, eddikesyre, myresyre eller blandinger heraf. Der kan om fornødent tilsættes forsinkelsesmidler til sådanne opløsninger. Til 15 beskyttelse af udstyret i borehullet eller brønden 2 er det ofte tilrådeligt at tilsætte korrosionsinhibitorer til opløsningen. Der kan også anvendes opløsninger, hvor syren dannes in situ i formationen ved hjælp af forsinket kemisk reaktion. Sådanne opløsninger er i og for sig kendt og behøver ikke at beskrives nærmere.

20

Efter at kanalerne 14 og 15 er blevet ætset til en væsentlig dybde i væggene 7 og 8, standses indsprøjtningen af syre i bruddet 4 og væsketrykket i bruddet 4 sænkes, hvorved brudvæggene 7 og 8 forskydes mod hinanden under indvirkning af formationstrykket, således at afstivningsmidlet 11 belastes og sammenpresses mellem de ikke ætsede områder 25 af væggene.

Samtidig med tryksænkningen i bruddet eller nogen tid efter lader man viskositeten af bærevæsken 10 bryde ned. Viskositetsnedbrydningen 30 sker automatisk efter et bestemt tidsrum og kan ske under indvirkning af formationstemperaturen, ved forsinket kemisk reaktion, eller ved et hvilket som helst andet egnet viskositetsnedbrydende middel.

Da formationen er forholdsvis hård, sammentrykkes det mellem de 35 ikke-ætsede områder af brudvæggene 7 og 8 indesluttede afstivningsmid-

- 7 -

del mellem disse vægge, men indlejres ikke i disse. Følgelig forbliver
brudvæggene 7 og 8 i en vis indbyrdes afstand, efter at væsketrykket i
bruddet er blevet sænket. Som følge heraf er bredden af kanalerne 14 og
15 lig med summen af dybderne af disse kanaler plus bredden af bruddet
5 4 efter lukning. Da kanalernes produktivitet er tilnærmelsesvis propor-
tionalt med tredje potens af deres bredde, vil det forstås, at produk-
tiviteten af kanalerne 14 og 15 i fig. 5 forøges betydeligt i forhold
til produktiviteten af de samme kanaler, men ætset i væggene af et
brud, som ikke indeholder afstivningsmiddel, og i hvilket ikke-ætsede
10 dele af bruddet efter syrebehandling og lukning af bruddet ligger an
mod hinanden og deres fulde flade.

Det skal endelig bemærkes, at kanalerne 14 og 15 eventuelt kun
indeholder en ringe mængde afstivningsmiddel, som kan fortrænges derfra
15 ved hjælp af olie, som strømmer derigennem til brønden. Da formations-
materialet er forholdsvis hårdt, fx. med en Brinell-hårdhed over 15,
vil væggene i kanalerne såvel som i de ikke-ætsede dele af bruddet ikke
bryde sammen under udvindingen af olie fra formationen.

20 Det skal bemærkes, at udstyr til måling af Brinell-hårdhed er be-
skrevet af A. C. van der Vlies i foredraget "Rockclassification by a
simple hardness test", afholdt på Second Congress of the International
Society of Rock Mechanics, September 1970).

25 Sammenfattende skal bemærkes, at opfindelsen angår dannelsen af et
væskekanalsystem med forholdsvis høj ledningsevne i en formation bestå-
ende af forholdsvis hårdt materiale, der er hovedsagelig opløselig i
syre, og hvor kanalerne i et i bruddets vægge ved syrevirkning dannet
kanalsystem er hovedsagelig fri for afstivningsmiddel, og kanalernes
30 vægge er selv bærende, medens afstivningsmidlet findes i de områder af
bruddets vægdele, som er beliggende mellem kanalerne i kanalsystemet.
Et sådant brud forbliver åbent, efter at væsketrykket i bruddet er op-
hævet, hvilket betydeligt forøger kanalernes produktivitet.

35 I den ovenfor beskrevne udførelsesform er afstivningsmidlet 11
tilført til bruddet 4 efter dets dannelse. Afstivningsmidlet kan

- 8 -

imidlertid også tilsættes direkte til et viskøst bruddannelsesmedium og således indføres i bruddet under dets dannelse.

Opfindelsen er ikke begrænset til brugen af en bestemt sammensætning af bruddannelsesvæsken, den vandige syreopløsning, bærevæsken eller afstivningsmidlet, når blot viskositetsforholdet mellem bærevæsken og syreopløsningen 13 vælges således, at bærevæsken forskydes af syreopløsningen på ustabil måde, hvorved syreopløsningen trænger for-grenet gennem bærevæsken. Der kan opnås særdeles bemærkelsesværdige
10 resultater ved anvendelse af opfindelsen i kalkstensformationer, selvom der findes andre typer af syreopløselige formationer af formationer af forholdsvis hård sten, hvor den omhandlede fremgangsmåde kan anvendes med fordel.

15 Der kan indsprøjtes buffervæsker i den formation, som skal behandles ved den omhandlede fremgangsmåde, idet sådanne buffervæsker indsprøjtes mellem bruddannelsesvæsken, bærevæsken og syreopløsningen. Om ønskes kan der endvidere indsprøjtes forbehandlingsvæsker før indsprøjtningen af bruddannelsesvæsken.

20

De viskøse bruddannelsesvæsker og de viskøse bærevæsker, som kan anvendes ved den omhandlede fremgangsmåde, indeholder fortrinsvis ingen syrekomponenter i mængder, som er egnet til ætsning af væsentlige dele af brudvæggene. Der kan imidlertid forefindes små mængder syre, således
25 som det er nødvendigt til nedbrydning af væskens viskositet efter et bestemt tidsrum, når væsketrykket i bruddet er ophævet.

Det vil forstås, at der trods alle foranstaltninger til opnåelse af en ensartet fordeling af syreopløsningen over alle perforeringerne
30 kan være én eller flere perforeringer, som har en fortrinsvis høj ledningsevne i sammenligning med de øvrige perforeringer, og som optager størstedelen af den indsprøjtede syreopløsning. I så fald indsprøjtes en mindre mængde væske med et afbøjningsmiddel, efter at væggene af bruddelene ud for de stærkt ledende perforeringer er blevet ætset til
35 væsentlig dybde. Midlet lukker så indløbet til disse perforeringer, og

- 9 -

den derefter gennem brønden indsprøjtede syreopløsning vil så løbe gennem de øvrige perforeringer. Om ønskes, kan dette forløb gentages mere end én gang. Afbøjningsmidler såvel som måder til anbringelse af disse i perforeringerne og fjernelse af dem fra perforeringerne er i og for sig kendt og behøver ikke at beskrives nærmere.

Fremgangsmåden ifølge opfindelsen kan også anvendes ved brønde, som afviger fra lodlinien, og/eller ved brønde, som gennemtrænger formationer, der brydes vandret.

10

Hvis brønden ikke skal forløbe lodret gennem den formation, hvori der skal dannes brud, men alligevel være beliggende i brudplanet, konstateres retningen af den minimale tektoniske spænding i formationen, og brønden bores i en sådan retning, at dens akse ikke er lodret, men i en plan vinkelret på den nævnte spændingsretning. Ved bruddannelse i formationen vil brønden så ligge i brudplanet. Da størstedelen af formationer har retningen af den minimale tektoniske spænding beliggende i vandret plan, bliver brudplanet i de fleste tilfælde lodret. Den omhandlede fremgangsmåde kan imidlertid anvendes med samme gode resultater i formationer, som brydes vandret.

Til bestemmelse af retningen af den minimale tektoniske spænding kan der dannes brud i formationen ved tilførsel af bruddannelsesvæske under tryk til et ikke udforet borehul i formationen. Orienteringen af det således dannede brud måles derefter i forhold til hullet. Der bores derefter et nyt hul på en sådan måde at akse for den genborede del af brønden, som strækker sig gennem den olieholdige formation, forløber i et plan parallelt med planet for det nævnte brud. Efter udforing af borehullet og perforering af foringen kan der dannes brud i formationen ved tilførsel af bruddannelsesvæske under tryk til hullet.

Det skal bemærkes, at hvis brønden er anbragt i et plan vinkelret på retningen af den minimale tektoniske spænding, behøver perforeringerne ikke nødvendigvis at være beliggende i dette plan. Uanset orienteringen af perforeringerne i foringens væg vil formationen brydes således, at brønden ligger i brudplanet.

P A T E N T K R A V

Fremgangsmåde til dannelse af kanaler med høj væskeledningsevne i en hård, syreopløselig, carbonhydridholdig formation (1) omkring en brønd (2), navnlig i en kalkstensformation med en Brinell-hårdhed på over 15, hvilken fremgangsmåde omfatter nedennævnte rækkefølge af trin:

5

- 1) anbringelse af en foring i brønden og dannelse af et antal perforeringer i et område af foringen beliggende ud for formationen,
- 2) frembringelse af et brud i formationen indholdende en partikelholdig viskos væske med et tryk, som er tilstrækkeligt til at holde bruddet åbent,
- 3) indsprøjtning af en vandig syreopløsning gennem perforeringerne i bruddet ved et tryk, ved hvilket bruddet forbliver åbent, hvorhos viskositetsforholdet mellem den viskose væske og syreopløsningen vælges således, at syreopløsningen danner forgrenede strømningsveje i den viskose væske,
- 4) fortsættelse af indsprøjtningen af syreopløsningen gennem perforeringerne, indtil der er ætset kanaler i over for hinanden liggende områder af brudvæggene,
- 5) sænkning af den viskose væskes viskositet og af væsketrykket i bruddet til muliggørelse af en forskydning af brudvæggene mod hinanden,

25

k e n d e t e g n e t ved, at brudvæggene ætzes udelukkende ved hjælp af den vandige syreopløsning, og at partiklerne i den viskose væske (10) består af et kornet, hovedsagelig udeformerbart propmateriale (11).

Fremdragne publikationer:

US patenter nr. 3481401, 3934651.

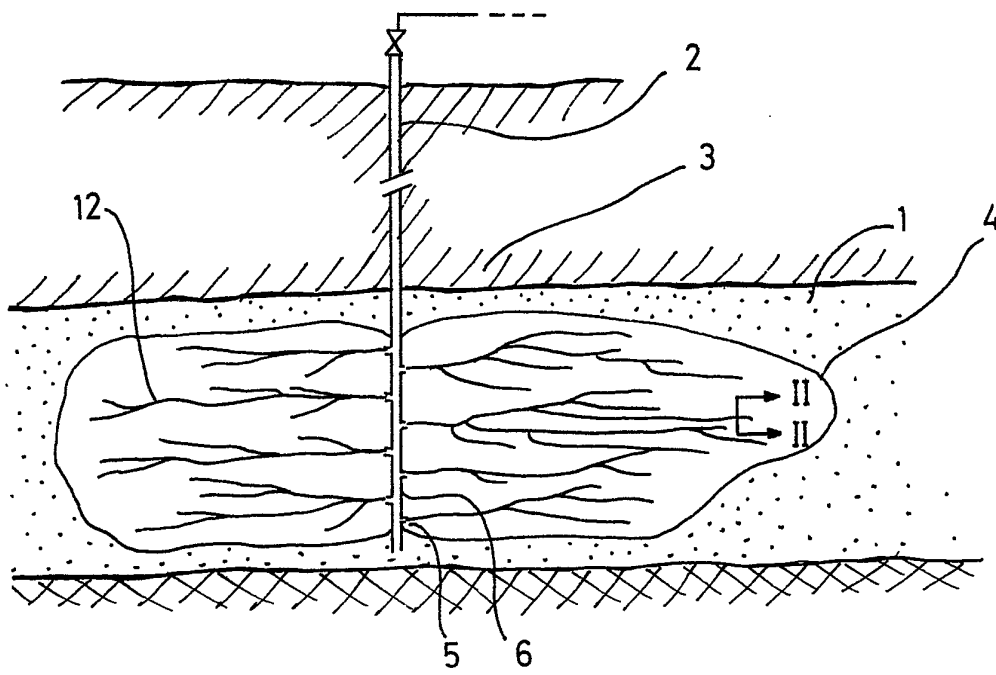


FIG. 1

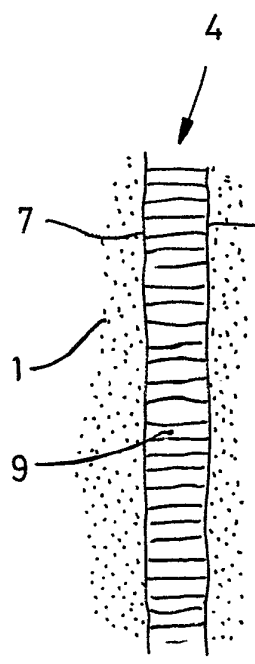


FIG. 2

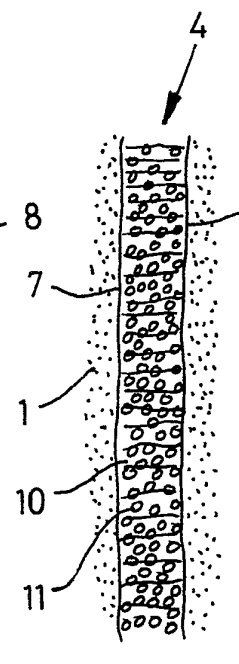


FIG. 3

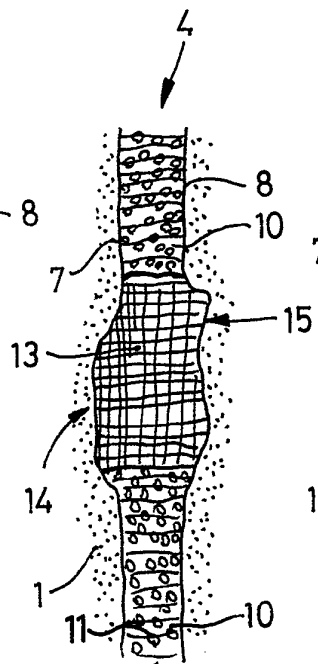


FIG. 4

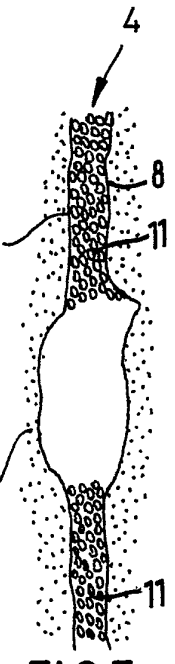


FIG. 5