

(19) DANMARK



PATENTDIREKTORATET  
TAASTRUP

(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT

(11) 162074 B

- (21) Patentansøgning nr.: 1954/82  
(22) Indleveringsdag: 30 apr 1982  
(24) Løbedag: 03 sep 1981  
(41) Alm. tilgængelig: 30 apr 1982  
(44) Fremlagt: 16 sep 1991  
(86) International ansøgning nr.: PCT/AU81/00126  
(86) International indleveringsdag: 03 sep 1981  
(85) Videreførelsesdag: 30 apr 1982  
(30) Prioritet: 03 sep 1980 AU 5372/80

(51) Int.Cl.<sup>5</sup> B 01 D 65/08  
B 01 D 35/22  
A 61 M 1/34

- (71) Ansøger: \*MEMTEC LIMITED; 60 Macquarie Street; Paramatta 2150; New South Wales, AU  
(72) Opfinder: Michel Serge \*Lefebvre; AU

(74) Fuldmægtig: Th. Ostenfeld Patentbureau A/S

(54) Fluidumbehandlingsapparat

(56) Fremdragne publikationer

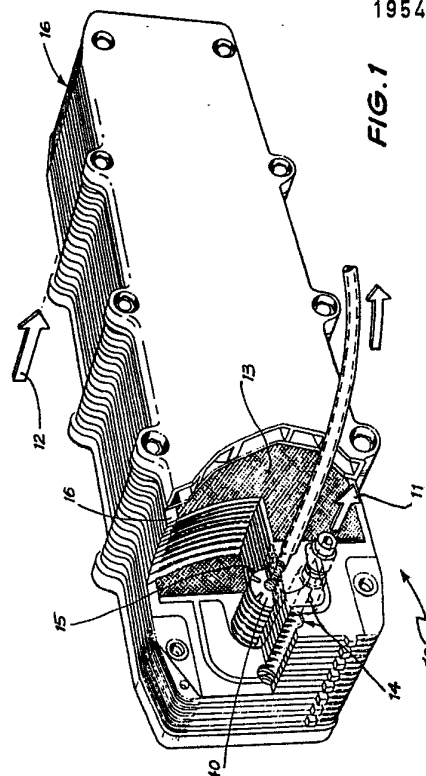
US pat. nr. 3907687

(57) Sammendrag:

1954-82

I et apparat til ændring af koncentrationen af en på forhånd valgt komponent (11) i et fødemateriale (12) strømmer fødematerialet igennem strømveje, som er afgrænset af over for hinanden liggende barrierer (13), som selektivt lader komponenten (11) passere. Fødematerialestrømmen adskiller barriererne (13) elastisk for at opretholde laminar strømningstilstand imellem disse. Den på forhånd valgte komponent (11) kan dirigeres til at strømme selektivt igennem barriererne (13) enten ind i eller ud fra fødematerialet (12).

1954-82



DK 162074 B

Den foreliggende opfindelse angår et apparat til ændring af koncentrationen af en forudvalgt komponent i et fødemateriale. Opfindelsen er anvendelig til fjernelse af mikron- og submikronstoffer fra en fluidumfase.

5 Opfindelsen vil blive beskrevet i forbindelse med krydsstrømstilbageholdelse eller filtrering, hvori den forudvalgte komponent eller stof bliver fjernet fra fødematerialet ved overførsel gennem en barriere, som er indrettet til at lade komponenten eller stoffet passere og til at tilbageholde den resterende del af fødematerialet.

10 Det skal imidlertid forstås, at opfindelsen ligeså vel kan anvendes til den omvendte situation, hvori det forudvalgte stof bliver indført i fødematerialet igennem barrieren.

Mikron- og submikronstoffer (eksempelvis molekyler, kolloider, partikler og små dråber) i en fluidumfase (eksempelvis en vandig fase) kan  
15 fjernes på flere forskellige måder i afhængighed af den tilstedeværende mængde af stoffer.

Til lave koncentrationer er dybdefiltrering sandsynligvis den mest almindeligt anvendte metode. En alternativ fremgangsmåde er at anvende et overfladefilter, eksemplvis den såkaldte Nucleoporemembran, hvor  
20 denne membran fremkalder fjernelse af partikler ved en overfladesigtefunktion. Andre typer af overflademembraner er til rådighed og er baseret på en aktiv overfladehud, som er afstøttet af et porøst bære- eller støttelag. Under partikelfiltreringsoperationer optræder sådanne membraner på lignende måde som Nucleopore-membraner.

25 Et apparat til at ændre koncentrationen af en forud valgt komponent i et strømmende fødemateriale er kendt fra US patentskrift 3 907 687. Det derfra kendte apparat er et dialyseapparat omfattende et indløbsorgan til indføring af fødemateriale under tryk i apparatet, et udløbsorgan til at fjerne behandlet fødemateriale fra apparatet, en fødemateria-  
30 lestrømvej mellem indløbs- og udløbsorganet afgrænset af et par af barrierer på linie over for hinanden af plademateriale, hvorigennem den eller de forud valgte komponenter kan passere, samt midler for tilførsel eller fjernelse af de forud valgte komponenter med forbindelse til de modsatte overflader af barriererne, hvor hver af barriererne har en første  
35 ste overflade i kontakt med den første overflade af den anden barriere, når der ikke er strøm af fødemateriale, hvor strømvejen udvides ved, at de første overflader adskilles og bevæges bort fra hinanden, når tryksat fødemateriale tilført gennem indløbsorganet passerer gennem strømvejen,

og faste begrænsningsorganer til understøtning af barriererne og til at begrænse graden af udvidelse af strømvejen, så der opretholdes laminar strømning af fødematerialet deri, når fødematerialet strømmer igennem strømvejen med et forud fastlagt arbejdsstryk.

5 Når koncentrationen af tilbageholdte stoffer er høj, bliver dybdebarrierer og posefladebarrierer langt mindre attraktive, idet det trykfald, som er nødvendigt for at fremkalde filtrering, stiger hurtigt med ansamlingen af faste stoffer.

10 Det er for at overvinde dette problem, at et nyt område for tilbageholdelse af mikron- og submikronstoffer er ved at blive udviklet. Den anvendte teknik er krydsstrømstilbageholdelse. I krydsstrømstilbageholdelse anvendes en overflademembran, og opbygningen af et lag af tilbageholdte stoffer bliver gjort mindst muligt ved at pålægge et fluidumforskydningsfelt på opstrømsfluidet i nærheden af barriereoverfladen. Dette  
15 kan udføres enten ved oprøring eller ved at pumpe fluidet hen over barriereoverfladen.

Ifølge denne teknik er det muligt at arbejde i en stabil tilstand, hvori en opløsning effektivt opdeles i en gennemtrængende og en tilbageholdt del, og i stabil tilstand opsamles der ikke længere stoffer på  
20 barriereoverfladen, som kunne føre til tab af ydeevne. Alternativt kan systemet arbejde portionsvis, og i dette tilfælde tiltager fødeopløsningen gradvis i koncentration, og selv om dette fører til et fald i gennemstrømningen, er dette fald langt mindre, end det ville være i forbindelse med posemetoden, hvor alle stofferne bliver samlet på eller i bar-  
25 rieren.

I forbindelse med enhver membranvendelse inden for ultrafiltrering, dialyse og elektrodialyse er membransystemets permeabilitet generelt begrænset af laget af tilbageholdte stoffer (dvs. koncentrationslaget eller til slutgellaget), som er til stede. Ifølge den foreliggende  
30 opfindelse foretrækkes det at anvende laminar strømning til at fjerne gelen eller kagen fra membranens overflade.

Ved laminar strømning er der en relation mellem en given koncentration af et fluidum, som skal behandles, og en given membran. Denne relation sammenkæder fluksen, forskydningsgraden og længden af filterstrøm-  
35 vejen.

Som angivet af Blatt m.fl. i 1970 i Membrane Science and Technology, gælder relationen for laminare strømningstilstande og for den gelpolariserede tilstand, dvs. når forøget tryk ikke forøger fluksen). Rela-

tionen er givet som:

$$J \approx (\gamma/L)^{0,33} \approx (U_B)^{0,33} (h_c)^{-0,33} (L)^{-0,33}$$

- 5 hvor J er fluksen for et givet membranareal,  
 $U_B$  er fluidets hastighed,  
 $h_c$  er højden eller tykkelsen af filterstrømvejen,  
L er længden af filterstrømvejen,  
 $\gamma$  er forskydningsgraden.

10

Forskydningsgraden er et udtryk for forholdet mellem tangentialhastigheden  $v$  for fluidum imellem nabomembraner og højden af filterstrømvejen eller kanalen, dvs.:

15

$$\gamma \approx v/h_c.$$

Når gellaget (i stedet for membranens porøsitet) er den begrænsende faktor for membranydelsen, er fluksen forbundet med forskydningsgraden igennem dette forhold. Dette betyder, at virkningen af at formindske kanalhøjden eller tykkelsen er en betydelig forøgelse af både forskydningsgraden og fluksen.

I forbindelse med krydsstrømstilbageholdelse er den energi, som medgår til recirkulation af fødestrømmen, generelt den højeste direkte omkostningsfaktor i operationen. I klassiske systemer med  $h_c$  af størrelsesordenen 1 mm er energiforbruget af størrelsesordenen 1 kW pr. m<sup>2</sup> af installeret membran. I tilfælde af rørsystemer med rør af en diameter af størrelsesordenen 1 cm, er den fornødne energiomkostning endnu større.

Følgelig er der en interesse for at udvikle kapillærkrydsstrøms-tilbageholdelse eller filtrering og ultrafiltreringsapparater, hvori højden af strømvejen er betydeligt formindsket, eksempelvis til ca. 50-100 mikron. Ved kun at anvende en strømvejehøjde af denne størrelse, bliver den pumpekapacitet, som kræves pr. m<sup>2</sup> membran, formindsket proportionalt, idet en fordobling af kanalhøjden bevirker, at den nødvendige pumpekapacitet bliver mere end fordoblet.

35 Ifølge opfindelsen tilvejebringes et apparat som angivet i krav 1.

Fortrinsvis er strømvejens tykkelse således, at apparatet arbejder under præ-gelpolariserede tilstande, således at en forøgelse af trykket ikke forøger fluksen.

Selv om det er muligt for apparatet ifølge opfindelsen at udnytte visse komponenter, som er udnyttet til kendt dialyseteknologi, hvortil der henvises, skal det bemærkes, at den heri beskrevne krydsstrømsfiltrering og ultrafiltrering afviger ganske meget fra den kendte dialyseteknologi, og at det kendte dialyseapparat ikke er egnet som sådant til den her beskrevne anvendelse til krydsstrømsfiltrering/ultrafiltrering ved højt tryk. Eksempelvis kan følgende forskelle noteres:

- 10 i) dialyse er et fire-vektorsystem for to fluider med apparatur indeholdende to indløb og to udløb - et indløb og et udløb for materialet, som skal dialyseres samt et separat indløb og udløb for den dialyserende væske, som strømmer i modstrøm til materialet, der skal dialyseres. Krydsstrømsfiltrering er på den anden side et trevektorsystem for et enkelt fluidum - med kun ét indløb for fødematerialet, som skal behandles, samt to separate udløb, nemlig et for koncentratet eller det tilbageholdte materiale, og et for filtratet eller det gennemtrængende materiale.
- 15 ii) Dialyse resulterer i en fortynding af materialet, som dialyseres, hvorimod krydsstrømsfiltrering resulterer i koncentration af de tilbageholdte stoffer i materiale, som behandles.
- 20 iii) Dialyse arbejder ved tryk på mindre end 10 KPa, hvorimod krydsstrømsfiltrering udføres ved tryk af størrelsesordenen 100 KPa.
- iv) Dialyse anvender membraner med lav vandfluks ved lave gennemstrømninger (fx to liter pr. dag) og med en mindst mulig transmembrantrykgradient. Krydsstrømsfiltrering anvender stærkt permeable membraner med høj vandfluks (gennemstrømninger på fx 50 l pr. time) og med en stor transmembran-trykgradient.
- 25 v) Dialyse anvender to membraner, hver med en tykkelse på ca. 40  $\mu\text{m}$  og med en kanalhøjde eller tykkelse på ca. 150  $\mu\text{m}$  ved normalt atmosfæretryk. Hermed sammenligneligt krydsstrømsfiltreringsapparat anvender to membraner, hver med en tykkelse på ca. 120-200  $\mu\text{m}$  med en kanalhøjde på 0 (dvs. membranerne er i kontakt) ved normalt atmosfæretryk og med en kanalhøjde eller tykkelse på ca. 50  $\mu\text{m}$  ved en transmembran-trykgradient på 100 KPa under drift.

35

I den foreliggende beskrivelse omfatter udtrykket "barriere" højflukssemipermeable membraner, biofiltre og filtre.

For at gøre opfindelsen lettere at forstå og at udøve i praksis vil

der nu blive henvist til tegningen, hvor

figur 1 er et perspektivisk billede (med visse dele udeladt) af et fluidumbehandlingsapparat eller filter ifølge en første udførelsesform for opfindelsen,

figur 2 viser et sidebillede af filteret i figur 1,

figur 3 viser et planbillede af en bagplade i filteret i figur 1,

figur 4 viser et sprængt billede af en filterenhed i filteret i figur 1,

figur 5 viser et skematisk billede af et krydsstrømsfilterapparat indrettet i overensstemmelse med principperne i den foreliggende opfindelse og med filteret i en tilstand før brug,

figur 6 viser et skematisk billede i lighed med figur 5, men med filteret i en stabil fødematerialestrømningstilstand,

figur 7 viser et forstørret fragmentarisk snitbillede af to afstands- og støtteplader med to kompressible membraner anbragt herimellem,

figur 8 viser et partielt skematisk snitbillede af en filterenhed visende en pakningsforsegling ved kanten af de to membraner med filteret i en førbrugstilstand,

figur 9 viser et billede i lighed med figur 8, men med filteret i den stabile fødematerialestrømtilstand,

figur 10 viser et skematisk billede visende en blokering under dannelse i strømvejen,

figur 11 viser et skematisk billede i lighed med figur 10 og visende blokeringens bevægelse,

figur 12 viser et sidebillede i snit af et krydsstrømsfilter ifølge en anden udførelsesform for opfindelsen,

figur 13 viser et partielt perspektivisk billede af filteret i figur 12,

figur 14 viser et snitbillede af et membranhylster i filteret i figur 12 og 13, og

figur 15 viser et skematisk snitbillede af en yderligere udførelsesform for opfindelsen.

35

Som vist i figurerne 1 og 2 indeholder det foretrukne apparat 10 til ændring af koncentrationen af en eller flere forudvalgte komponenter 11 i et fødemateriale 12 flere barrierer 13, som er indrettet til at la-

de komponenten eller komponenterne 11 passere.

En indløbs- og manifold eller fordelerindretning 17 på den højre side i figur 1 (se figur 2) er indrettet til at dirigere fødematerialet til kontakt med en første overflade på hver barriere 13. Overførselsindretninger 14 er indrettet til at kommunikere med den modsatte overflade på hver filtermembran 13 for at modtage den eller de passerede komponenter 11 med henblik på fjernelse af disse passerede komponenter 11 fra apparatet 10. En udløbs- og manifold- eller samleindretning 15 er indrettet til at fjerne det behandlede fødemateriale 12 fra apparatet 10.

Begrænsningerne for strømvejene for fødematerialet 12, som i det aktuelle tilfælde er dannet af barriererne 13, er indrettet til at blive i det mindste elastisk udvidet under passagen af fødemateriale igennem strømvejene.

Begrænsningsmidler i form af plader 16 er indrettet til at begrænse omfanget af elastisk udvidelse af strømvejene, således at der opretholdes en laminar strømning af fødematerialet, når fødematerialet 12 strømmer igennem strømvejen ved et forud bestemt arbejdstryk.

Som vist i figur 4 består hver filterenhed af en første bagplade 16, en første barriere eller membran 13, en pakning 18, en anden barriere eller membran 13a samt en anden bagplade 16a. Bagpladerne 16 og 16a har en tætningsansats 19 ved periferien, som er indrettet til, når filteret er samlet, at forsegle periferien for filterposen dannet af membranerne 13 og 13a. Alternativt kunne kun den ene plade 16 være forsynet med en ansats 19, som er gjort større for at gå i indgreb med den anden plade 16a på forseglende måde.

Der henvises nu til figurerne 5 og 6, som viser, at afstands- eller støtteplader eller bagplader 16, 16a, 16b og 16c er arrangeret i en stabel og adskilt fra hinanden med par af kompressible barrierer eller membraner 13, 13a; 13b, 13c og 13d, 13e anbragt mellem naboplader. Hver barriere er støttet af og adskilt fra hver plade af flere koniske tappe 29 udformet på hver overflade af hver plade og med åbne volumener 20 udformet imellem tappene. En opløsning af fødemateriale 12 pumpes imellem hvert barrierepar, som bliver komprimeret under virkningerne fra det høje transbarriere- eller transmembrantryk, som er frembragt af fødematerialet, for at danne tynde kanaler 22, 23 og 24, der opdeler fødematerialeopløsningen 12 i et koncentrat eller en tilbageholdt materialedel 25, samt et filtrat eller en gennemtrængende materialedel 11.

Der henvises nu til figur 7, som viser, at hvert par af modstående

afstands- eller støtteplader 27 og 28 er forsynet med flere koniske tappe 29 på den overflade, som tjener til at støtte et membranpar 30 og 31 anbragt imellem støttepladerne. De i denne udførelsesform anvendte barrierer er kompressible og elastiske og er i det pågældende tilfælde

5 flerlagede anisotropiske ultrafiltreringsmembraner. Biofiltre, filtre eller membraner forsynet med en kompressibel og elastisk bagklædning kan også anvendes. De åbne volumener 32 udformet imellem tappene 29, når disse er forbundet, danner en filtratvej 33 med lavt tryk. I tilstande uden tilført tryk vil barriererne 30 og 31 normalt være i kontakt flade

10 mod flade med en strømvejtykkelse på 0, jfr. figur 5. Det høje transmembran-tryk, som dannes af strømmen af fødemateriale under tryk, bevirker imidlertid, at hver af membranerne 30 og 31 bliver komprimeret elastisk på de koniske tappe 29, hvilket danner en tynd kanal eller strømvej 34 med variabel kanalhøjde "h" imellem de modstående overflader af de kom-

15 pressible membraner eller barrierer 30 og 31. Ved krydsstrømsfiltrering eller ultrafiltrering bliver fødematerialeopløsningen opdelt i et filtrat 33, som passerer igennem membranen, og et koncentrat 36.

Da der vil være et trykfald langs hver strømvej eller kanal 34 fra indløbssiden med det højeste tryk (venstre side i figur 7) og til ud-

20 løbssiden med lavere tryk (højre side i figur 7), vil strømvejenes tykkelse ikke være konstant langs længden fra indløb til udløb. En svag tilspidsning vil indtræde, idet det højere indløbstryk vil komprimere membranernes indløbszone mere end det lavere udløbstryk vil komprimere membranernes udløbszone.

25 Afstanden mellem over for hinanden liggende afstandsplader (typisk ca. 250  $\mu\text{m}$ ) er givet ved "H", og tykkelsen af membranerne eller filtrene er givet ved "e" (se figur 5). I et dialysesystem, hvor membranerne typisk har en tykkelse på ca 40  $\mu\text{m}$ , forbliver kanalhøjden mellem membranerne i det væsentlige konstant, og kanalhøjden er bestemt på forhånd

30 som følge af membranernes tykkelse. I et konventionelt dialysesystem er  $H > 2e$ , hvori  $H \leq 2e$  for krydsstrømsultrafiltrering.

Den foretrukne tykkelse af strømvejene under stabil strømningstilstand er den tykkelse, som sikrer, at den elastiske udvidelse opretholder laminar strømning under ikke-gelpolariserede tilstande gennem lange

35 tidsperioder med fluks. Som det fremgår af ovenstående beskrivelse, er det kanalhøjden eller strømvejtykkelsen, som ændrer forskydningsgraden for en given fluidumhastighed. Da forskydningsgraden er omvendt proportional med strømvejtykkelsen, vil en formindskelse af strømvejtykkelsen

således forøge forskydningsgraden, som på sin side vil forøge fluksen.

Selv om variationer i fødematerialet kan eller vil bevirke, at strømvejtykkelsen ikke er en universalt valgt parameter, foretrækkes det, at tykkelsen ikke overstiger 80  $\mu\text{m}$  eller i visse tilfælde 100  $\mu\text{m}$ . I 5 visse tilfælde forløber tykkelsesintervallet fortrinsvis fra 50 til 100  $\mu\text{m}$ , fra 40 til 60  $\mu\text{m}$  og fra 10 til 25  $\mu\text{m}$ . De foretrukne kompressible højfluksmembraner, som anvendes ifølge opfindelsen, er de membraner, som er beskrevet i australsk patentskrift nr. 505.494. Dette patentskrift 10 viser høj-permeable anisotrope membraner med gradueret porøsitet og indeholdende en blanding af depolymeriseret og polymert materiale, samt flere ved hinanden liggende lag, hvor hvert lag er aktivt som en molekyle-skærm og har en nøjagtig molekylevægtafskæring, hvor variationen i molekylevægtafskæringen for de ved hinanden liggende lag fra top til bund i membranen er en kontinuert funktion.

I en anden udformning af opfindelsen kunne barriererne være udgjort 15 af en sammensætning af en første del, som er kompressibel i delens tværdimension, samt en anden del, som er væsentligt mindre kompressibel i denne dels tværdimension, og hvor de tidligere omtalte begrænsningsmidler er indrettet til at gå i kontakt med den første del af denne barriere, når disse midler begrænser omfanget af strømvejens udvidelse. 20

Pakningen 18 er fortrinsvis et kompressibelt skummateriale med celler eller lukkede celler, såsom polyethylen eller propylen, som under tryk bliver komprimeret fra ca. 1 mm til ca. 15  $\mu\text{m}$ . Under komprimeringen sker der brud i cellerne i skumaterialet, hvorved der dannes 25 flere åbne cellerum i kontakt med den flade, som skal forsegles. Hver åben cellestruktur virker i realiteten som et lille dekompressionskammer, idet der findes et stort antal af sådanne kamre inden for et forholdsvis lille rum, hvilket virker som en effektiv forsegling imod tab af tryk i et filtrerings- eller ultrafiltreringssystem, som arbejder ved tryk 30 (dvs. transmembran-trykforskelle) på ca. 100 KPa (eller ca. 15 psi) - i modsætning til trykforskelle på mindre end 10 KPa (eller mindre end 1 psi), der eksisterer i dialyseapparater.

Et middel til at sørge for, at forsyningen af fluidum, som skal behandles under tryk, danner en kanal imellem to filtrerings- eller ultrafiltreringsmedier 13, hvor sidstnævnte er indrettet til at frembringe en 35 fluidumtæt forsegling med den tilstødende plade 16 i området, som omgiver indløbs- og udløbsåbningerne som beskrevet ovenfor, er at anvende radiale fluidumfordelerskiver eller knapper 40 (se figur 1) af den type,

som er beskrevet i USA patentskrifterne nr. 3.837.496 og 3.841.491, imellem parret af filtrerings- eller ultrafiltreringsmedier og sammenfaldende med indløbs- og udløbsåbningerne. Nødvendigheden af, at have flere sådanne fordelerknapper 40 er imidlertid skadelig for systemets kompakt-  
5 hed og giver unødvendig strømningsmodstand for fødematerialet, og - under de høje arbejdsstryk, som eksisterer i apparatet ifølge opfindelsen - er det nødvendigt at tilvejebringe en ringformet kompressibel pakning (fx af polypropylenskummateriale) på hver side af og koncentrisk med knappen for at danne en tætning under kompression imellem afstands- og  
10 støttepladen 16 og filtrerings- eller ultrafiltreringsmediet 13.

Den aktive flade 42 på afstands- og støttepladerne 16, dvs. den flade, hvori der er indrettet passager til fordeling og opsamling af filtratet 11, kan være udformet på mange forskellige måder i overensstemmelse med kendt teknik, som er anvendelig i dialyseapparatteknologien, eksempelvis anvendelse af præge- og stanseteknik. I denne forbindelse  
15 en, kan der henvises til overfladestrukturen 42 på støttepladen 16, som er vist i USA patentskrift nr. 4.154.792, hvor membranstøttefladen indeholder et stort antal tæt modstillede koniske tappe eller fremspring 29.

I visse udførelsesformer for apparatet ifølge opfindelsen kan der  
20 anvendes den med spor eller kanaler forsynede manifoldstruktur på støttepladen, som er beskrevet i USA patentskrift nr. 4.051,041, især til opsamling af filtrat fra den aktive flade på afstandsstøttepladen 16 og ind i apparatets filtratudløbsdel 11.

Der kan også henvises til USA patentskrift nr. 3.411.630, der angår  
25 overfladekonfigurationen for afstandslegemer indrettet til at tilvejebringe en støtte for den tilstødende membran og til at frembringe en passage for den dialyserende eller rensende væske.

I en foretrukket udformning giver den foreliggende opfindelse basis for et filtreringsapparat med et energibehov så lille som ca. 50 og ikke  
30 mere end  $150 \text{ watt/m}^2$  installeret membran (jævnført med et energibehov på ca.  $1 \text{ kW/m}^2$  installeret membran i klassiske kendte systemer), hvilket betyder, at den foreliggende opfindelse giver basis for en betydelig energibesparelse i sammenligning med kendte systemer.

En anden anvendelsesmæssig konsekvens ved en foretrukket udformning  
35 af behandlingssystemet ifølge opfindelsen består i, at forskydningsgraden har tendens til at blive særdeles høj. Som resultat heraf sker der en forøgelse af den specifikke fluks for et givet afløb, og det er således muligt at lade filtreringsapparatet arbejde under ikke-gelpolarise-

rede tilstande ved høj fluks. Dette er vigtigt, når det ønskes at gøre den molekulare selektivitet størst mulig, og det fører til en let rensning af barriererne eller membranerne.

En fordel ved behandlingssystemet ifølge en foretrukket udførelsesform for opfindelsen (ud over energibesparelsen) består i, at der kan indeholdes et meget stort membran- eller filteroverfladeareal i et forholdsvis lille volumen. Generelt kan der indeholdes ca. 10 gange mere membran eller filter pr. volumenenhed inden for et givet område, end det er muligt med klassisk kendte ultrafiltrerings- eller krydsstrømsfiltreringsudstyr.

Anvendelsen af deformation af selve membranen for at danne kanalen resulterer også i en meget høj stabilitet for filtreringsudstyret ifølge en foretrukket udførelsesform for opfindelsen.

Hvis kanalhøjden eller strømvejtykkelsen  $h_c$  eksempelvis har tendens til at aftage, sker der en formindskelse af overfladearealet for kanalens tværsnit. Dette betyder, at trykfaldet igennem den pågældende filtreringsenhed stiger, og dette betyder, at indløbstrykket stiger, hvilket resulterer i, at kanalhøjden eller strømvejtykkelsen  $h_c$  har tendens til at stige. Der er således en autostabilisering eller auto-gennemskylningseffekt, der letter rensning af enheden.

Hvis en kanal 34 med andre ord bliver tilstoppet af en kage 50, som vist i figur 10, vil overfladearealet for kanalen aftage, og trykket i kanalen vil stige. Dette forårsager, at kanalen 34 ekspanderer og åbner sig (som vist i figur 11) for at bortskylle kagen 50, der har tilstoppet filtreringsenheden. Denne egenskab, der er kendt som autostabiliseringseffekten, er meget vigtig med hensyn til evnen til selvrensning i filtreringssystemet i en foretrukket udførelsesform for opfindelsen.

Med membraner inkorporeret i apparatet er apparatet indrettet til krydsstrømsultrafiltrering. Når membranen er erstattet af et biofilter eller et filter, er udstyret egnet til krydsstrømsfiltrering med to separate virkninger:

1) at fjerne filtreringskagen konstant ved hjælp af høj forskydningsgrad, og

2) rørsammenklemningseffekten.

I enhver given opløsning, hvori væskemediet og det deri indeholdte partikelstof er af forskellig massefylde, er det muligt at opnå en separation på to måder. Hvis partikelstoffet er tungere end væsken, og hvis fødematerialeopløsningen (koncentrat) bringes til at strømme opad, dvs.

i en i det væsentlige lodret retning i kanalen, har partikelstoffet tendens til at koncentrere sig i kanalens centrum med det resultat, at det er muligt at udtage permeatet uden tilstopning af filteret forårsaget af partikelstoffet.

5 Når derimod partikelstoffet er lettere end væsken, bringes fødematerialekoncentratet til at strømme i en nedadrettet retning, og igen har partikelstoffet tendens til at agglomerere i kanalens centrum, og igen er det muligt at udtage permeatet uden tilstopning af filteret forårsaget af partikelstoffet.

10 Under brug af det i figur 1-7 viste patron- eller filterapparat samt en anisotrop nylonultrafiltreringsmembran af den type, hvis egenskaber og fremstilling er beskrevet i australsk patentskrift nr. 505.494, blev der foretaget rensning ved ultrafiltrering af ledningsvand fra Sydney, Australien.

15 Ledningsvandet blev som fødemateriale recirkuleret igennem patronen over en 12-timers periode, mens fluksfaldet blev iagttaget. I begyndelsen var modtrykket indstillet på 88 KPa. Efter fire timers forløb blev trykket forøget til 100 KPa, der er det anbefalede minimumtryk til denne anvendelse. Krydsstrømmen var 186 liter pr. time, og temperaturen var  
20 ca. 30°C. Ved et indløbstryk på 88 KPa var den stabiliserede fluks 64 liter/m<sup>2</sup> time. Trykfaldet over patronen var 20 KPa. Den stabiliserede fluks ved 100 KPa var 74,3 liter/m<sup>2</sup> time og viste intet fald i løbet af de sidste 8 timer af eksperimentet. Relationen mellem fluks og tryk for patronen antydede, at eksperimentet blev udført i en præ-gelpolariseret  
25 tilstand. Totalindholdet på 0,19 g/liter af tørt fast stof i fødematerialet og 0,08 g/liter i permeatet gav en total fjernelse på 60% i dette eksperiment.

Kemisk analyse af permeatet antydede, at det indeholder et gennemsnit på 2,5 PPM silicium, 12,9 PPM calcium, 5,0 PPM magnesium samt intet  
30 måleligt indhold af jern, magnesium eller kobber. Hårdheden for dette permeat blev også bestemt til 5,3 mg/liter bestemt som calciumkarbonatækvivalent, og den samlede mængde af opløst fast stof var 15,2 mg/liter.

Nedenstående tabel viser effekt- og energibehovene for ultrafiltreringseksperimentet baseret på membranareal og permeatvolumen:

	Pumpetype:	tandhjul
	Effektforsyning:	1-fase
	Membranareal (m <sup>2</sup> ):	0,418
	Effektforbrug (kW):	0,098
5	Effekt pr. arealenhedmembran (kW/m <sup>2</sup> ):	0,21
	Tværstrøm(l/time):	186
	Membranfluks (liter/m <sup>2</sup> time):	74,3
	Energi pr. enhed permeat volumen (MJ/m <sup>3</sup> ):	10,4

10 Ovenstående data viser det lave energiforbrug pr. enhed af rensat vand såvel som det lave effektforbrug pr. membran arealenhed.

Et yderligere aspekt ved opfindelsen angår tilpasning af apparatet til elektrodialyse.

Den specielle konfiguration af filtreringsmodulerne i en foretrukket udførelsesform for den foreliggende opfindelse tillader inkorporering i de to endeplademanifolder af en pladestabel af to metalplader som elektroder for at etablere et elektrisk felt. I dette tilfælde ville filtreringsmodulet - hvis der eksempelvis skulle anbringes separate anion- og kationmembraner imellem de to metalplader - være indrettet til at fungere som en elektrodialyseenhed.

Hvis der mellem de to plader blev anbragt en opladet membran og en neutral membran, ville enheden være indrettet til at fungere som en omvendt elektrodialyseenhed eller transportudtyndingsenhed.

En anden udførelsesform for opfindelsen er vist i figurerne 12-14. I denne udførelsesform indeholder apparatet en hovedhusdel 60 med et indløb 61 og et udløb 62. I hovedhusdelen 60 findes flere membranhylstre 63. Hvert hylster 63 indeholder en første membran eller barriere 64 samt en overliggende anden membran eller barriere 65, som er holdt adskilt af et gitter 66. Periferien af de over hinanden liggende barrierer 64, 65 er forsegllet til hinanden som vist i figur 14 med undtagelse af den ene side, som rager ind i manifolden 67 som vist i figur 13. Manifolden 67 udgør et overførselsmiddel for apparatet, og rummet mellem hvert af hylstrene 63 er lukket af et forseglingsmateriale, såsom araldit, som det er antydnet ved henvisningstallet 68 i figur 13.

35 Når fluidum indgives i husdelen 60 under tryk, bliver de i kontakt værende flader på over for hinanden liggende barrierer 64 og 65 adskilt på den ovenfor i forbindelse med den første udførelsesform for opfindelsen beskrevne måde. Den valgte materialekomponent passerer igennem bar-

riererne 64, 65 og ind i strømningskanalen, som er afgrænset mellem de to barrierer 64, 65 af gitteret 66, og derefter til manifolden 67 igennem de åbne ender af membranhylstrene 63 (se figur 13).

En yderligere udførelsesform for opfindelsen er vist i figur 15, hvor hylstrene 80 og 81 er viklet i spiral inden i hinanden. Hvert hylster 80 og 81 svarer i det væsentlige til hylsteret 63 vist i figurerne 12-14. Hvert hylster 80, 81 har udløbsmidler 82, og hylstrene er indrettet til at blive indsat i et hus med et indløb og et udløb.

Som antydnet ovenfor er opfindelsen ikke begrænset til krydsstrømsfiltrering eller -tilbageholdelse. Eksempelvis kan den foretrukne udførelsesform for opfindelsen, der er beskrevet i forbindelse med figurerne 1-7, anvendes til at indføre et foretrukket stof i fødematerialet ved tilsætning igennem overførselsporten og barrieren eller barriererne i modsat retning af den ovenfor beskrevne.

En sådan anvendelse angår indførelse af oxygen (det foretrukne stof) i blod (fødematerialet). I dette tilfælde er barriererne valgt således, at oxygen let kan strømme tværs igennem barriererne, mens alle komponenterne i blodet bliver tilbageholdt i strømvejene.

PATENTKRAV

1. Apparat til ændring af koncentrationen af en eller flere forud valgte komponenter i et strømmende fødemateriale omfattende et indløbsorgan (17, 61) til at indføre tryksat fødemateriale i apparatet, et udløbsorgan (15, 62) til at fjerne behandlet fødemateriale fra apparatet, en fødematerialestrømvej (22, 23, 24, 34) mellem indløbs- og udløbsorganet og afgrænset af et par af barrierer på linie over for hinanden af plademateriale (13, 30, 31, 64, 65, 80, 81), hvorigennem den eller de 10 forudvalgte komponenter kan passere, samt midler (14, 67) for tilføring eller fjernelse af de forud valgte komponenter med forbindelse til de modsatte overflader af barriererne, hvor hver barriere har en første overflade i kontakt med den første overflade af den modsatte barriere, når der ikke er strøm af fødemateriale, hvor strømvejen udvides ved, at 15 de første overflader adskilles og bevæger sig bort fra hinanden, når tryksat fødemateriale tilført fra indløbsorganet passerer igennem strømvejen, samt faste begrænsningsorganer (16, 29) til at støtte barriererne og begrænse graden af udvidelse af strømvejen, så der opretholdes laminar strømning af fødematerialet deri, når fødematerialet strømmer gennem 20 strømvejen ved et forud fastlagt arbejdsstryk, **KENDETEGNET** ved, **AT** barriererne (13, 30, 31, 64, 65, 80, 81) er sammentrykkelige, og **AT** strømvejen (22, 23, 24, 34) udvides elastisk, når tryksat fødemateriale passerer derigennem, idet barriererne sammentrykkes imod de faste begrænsningsorganer (16, 29).

25

2. Apparat ifølge krav 1, **KENDETEGNET** ved midler (18, 19), som forsegler periferierne af de to barrierer for at gøre strømvejen eller strømvejene lækagetæt.

30 3. Apparat ifølge krav 2, **KENDETEGNET** ved, **AT** midlerne til forsegling af de to barrierers periferier indeholder komprimeret pakningsmateriale (18) indsat imellem periferien af de to barrierer.

4. Apparat ifølge krav 3, **KENDETEGNET** ved, **AT** pakningsmaterialet er 35 tilvejebragt af et kompressibelt celle- eller lukket celledumstof, som komprimeres under tryk, således at der sker brud i cellerne i skummaterialet til dannelsen af flere åbne cellerum i kontakt med den overflade, som skal forsegles.

5. Apparat ifølge ethvert af kravene 1-3, **KENDETEGNET** ved, **AT** der findes et stablet arrangement af barrierer, og **AT** begrænsningsmidlerne omfatter den ene overflade af et net, som er indrettet til kontakt med  
5 nævnte modsatte overflader på to mod hinanden vendende barrierer, hvorved nævnte netoverflade begrænser adskillelse af de første overflader på de mod hinanden vendende barrierer, som danner strømvejen, til en forud bestemt afstand, når fødemateriale strømmer igennem strømvejen ved et forud bestemt arbejdsstryk.

10

6. Apparat ifølge ethvert af de foranstående krav, **KENDETEGNET** ved, **AT** begrænsningsmidlerne indeholder et fladt pladelegeme (16, 27, 28) indsat ved nævnte modsatte overflade af hver barriere, og hvor hvert af disse pladelegemer har flere fremspring (29) ved nævnte modsatte over-  
15 flade på den respektive barriere.

7. Apparat ifølge krav 6, **KENDETEGNET** ved et stablet arrangement af barrierer og pladelegemer, hvor fremspringene er udformet på hver side af hvert pladelegeme.

20

8. Apparat ifølge ethvert af de foranstående krav, **KENDETEGNET** ved, **AT** barrieren eller hver barriere er kompressibel i hele sin tværdimension.

25 9. Apparat ifølge ethvert af kravene 1-7, **KENDETEGNET** ved, **AT** barrieren eller hver barriere indeholder en komposition af en første del, som er kompressibel i sin tværdimension, samt en anden del, som er væsentligt mindre kompressibel i sin tværdimension, og **AT** nævnte begrænsningsmidler er indrettet til kontakt med den første del af barrieren,  
30 når begrænsningsmidlerne begrænser omfanget af strømvejens udvidelse.

10. Apparat ifølge krav 9, **KENDETEGNET** ved, **AT** i det mindste en del af nævnte strømvej er omfattet af den anden del af hver barriere.

35 11. Apparat ifølge ethvert af de foranstående krav, **KENDETEGNET** ved, **AT** nævnte begrænsningsmidler er indrettet til at frembringe en største strømvejtykkelse på mindre end 100  $\mu\text{m}$ .

12. Apparat ifølge ethvert af de foranstående krav, **KENDETEGNET** ved, **AT** nævnte begrænsningsmidler er indrettet til og barrierernes sammentrykkelighed afpasset således, at strømvejen, når fødematerialet i strømvejen eller hver strømvej overstiger dets foreskrevne arbejdsstryk  
5 på grund af en blokering i strømvejen eller strømvejene, midlertidigt, men gentagne gange ekspanderer yderligere omkring blokeringens lokalise-  
ring for at muliggøre, at blokeringen bevæger sig frem gennem strømve-  
jen, indtil den bliver fjernet herfra, hvorefter strømvejen vender til-  
bage til strømvejtykkelsen med laminar strøm.

10

13. Apparat ifølge ethvert af de foranstående krav, **KENDETEGNET** ved, **AT** nævnte begrænsningsmidler indeholder spidserne af fremspring (29), som rager ud fra et pladelegeme, der er anbragt på den modsatte side af hvert af de mod hinanden liggende barriereark, og hvor disse  
15 fremspring er indrettet til - ved udvidelse af nævnte strømvej - at bringe spidserne i kontakt med barrierernes nævnte modsatte overflader for at begrænse adskillelsen af nævnte to første overflader på barriererne til en forudbestemt afstand med laminar strømning, når fødemateriale strømmer igennem strømvejen.

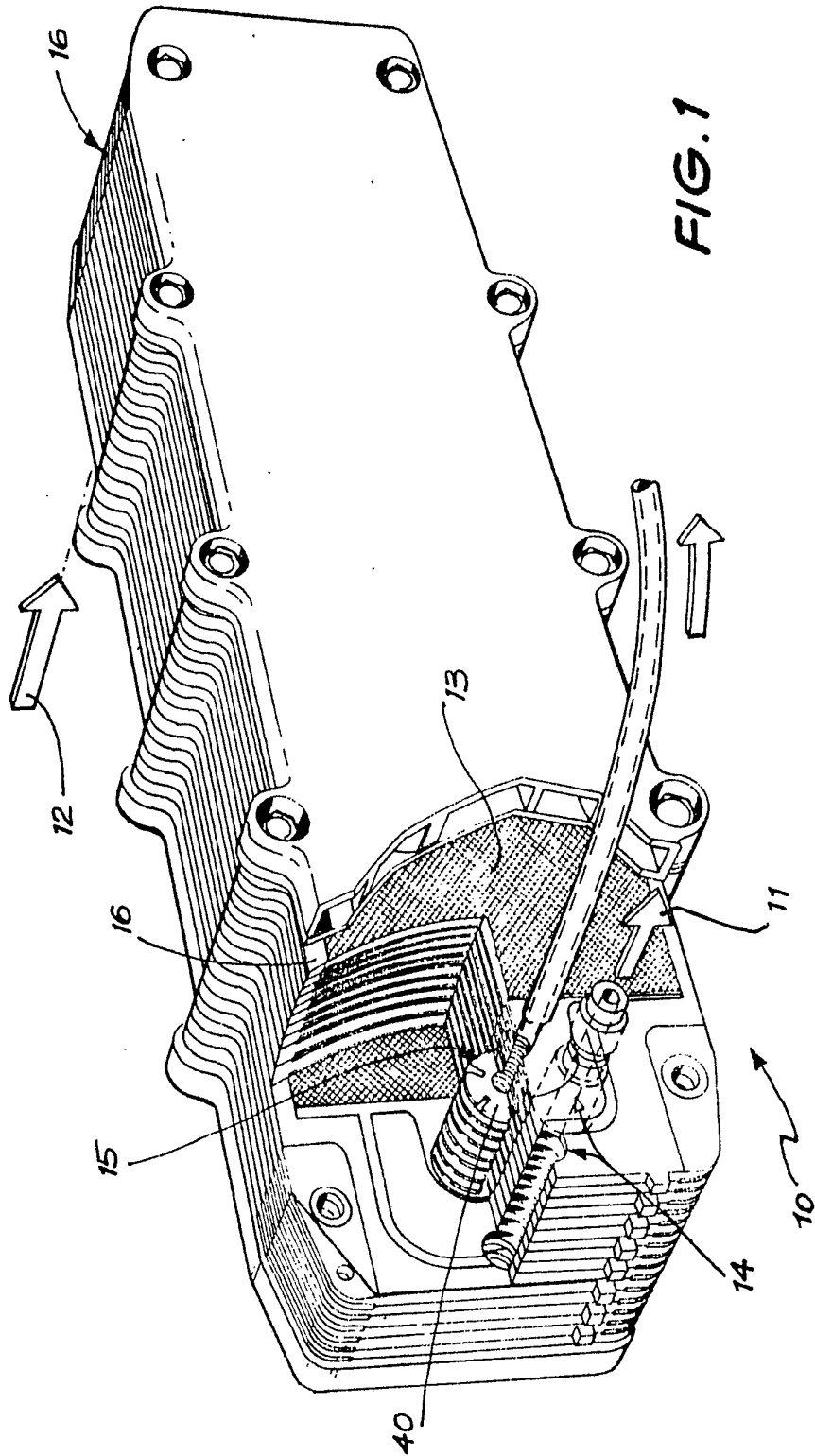
20

14. Apparat ifølge krav 13, **KENDETEGNET** ved, **AT** nævnte spidser trænger ind i det mindste en del af barrierernes modsatte overflader uden at gennembryde barrierernes nævnte første overflader.

25

30

35



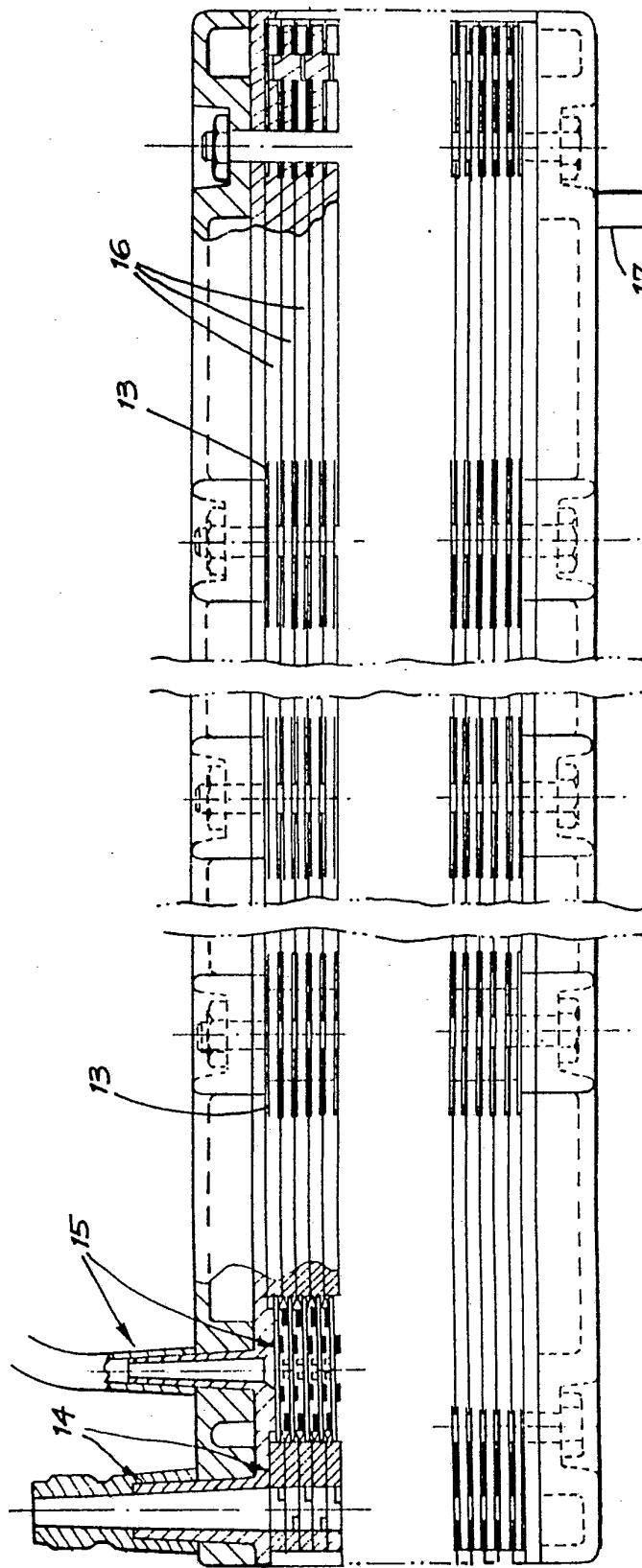
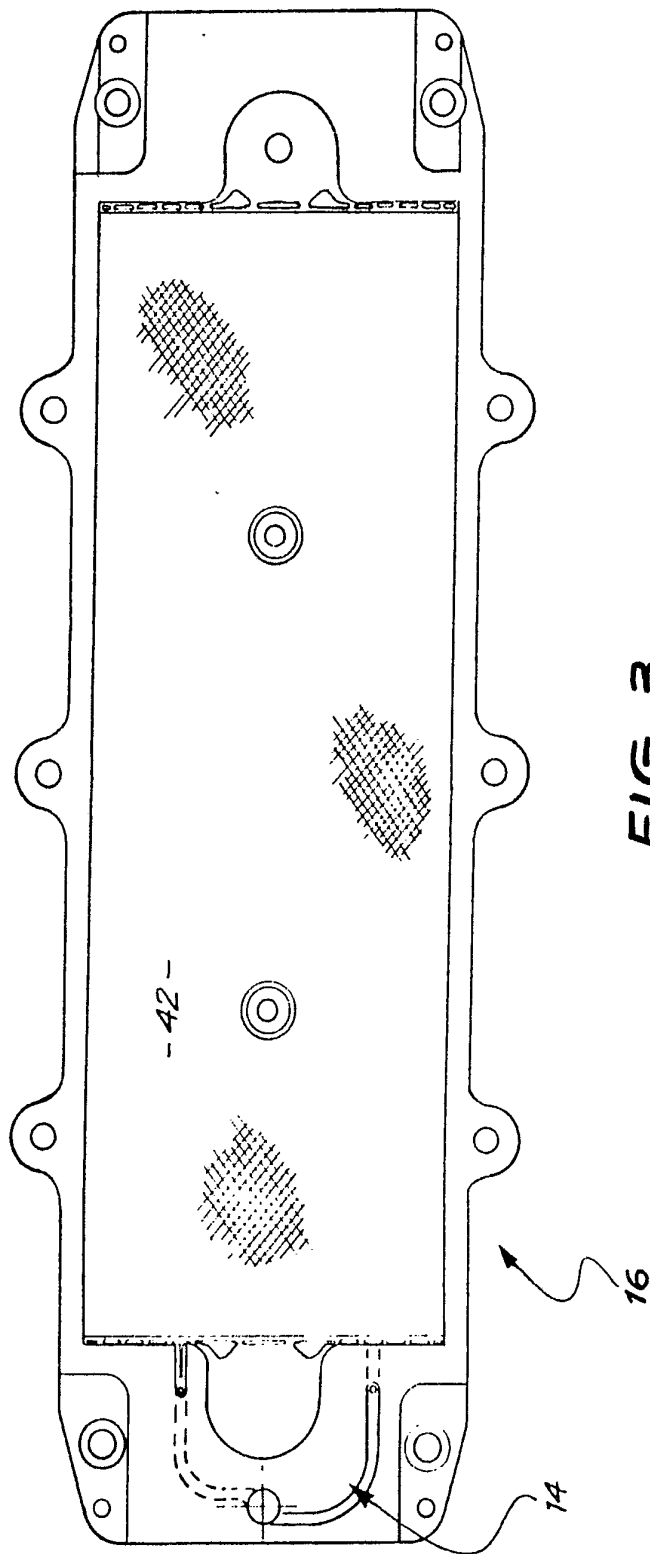


FIG. 2  $\frac{1}{2}$  12



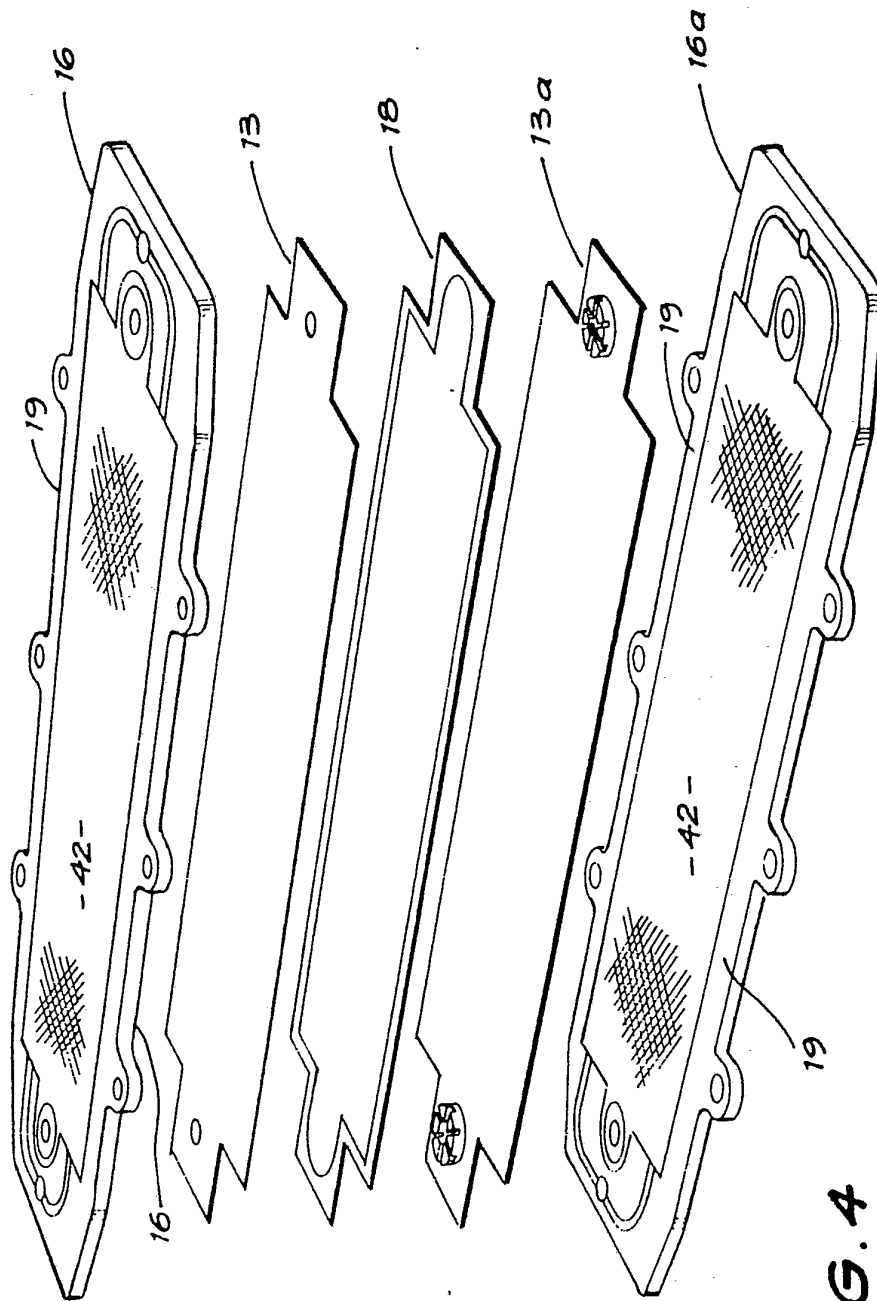


FIG. 4

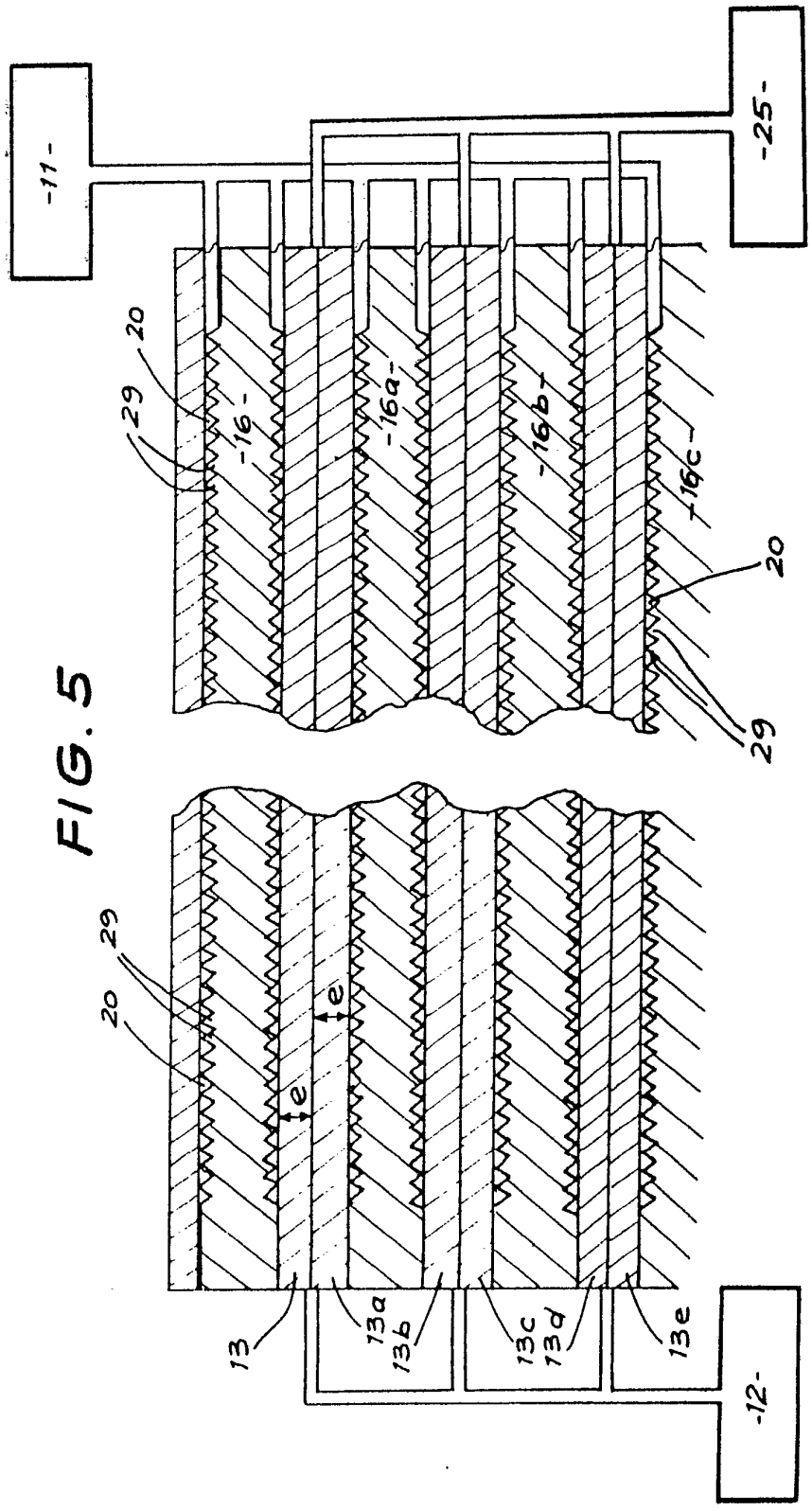
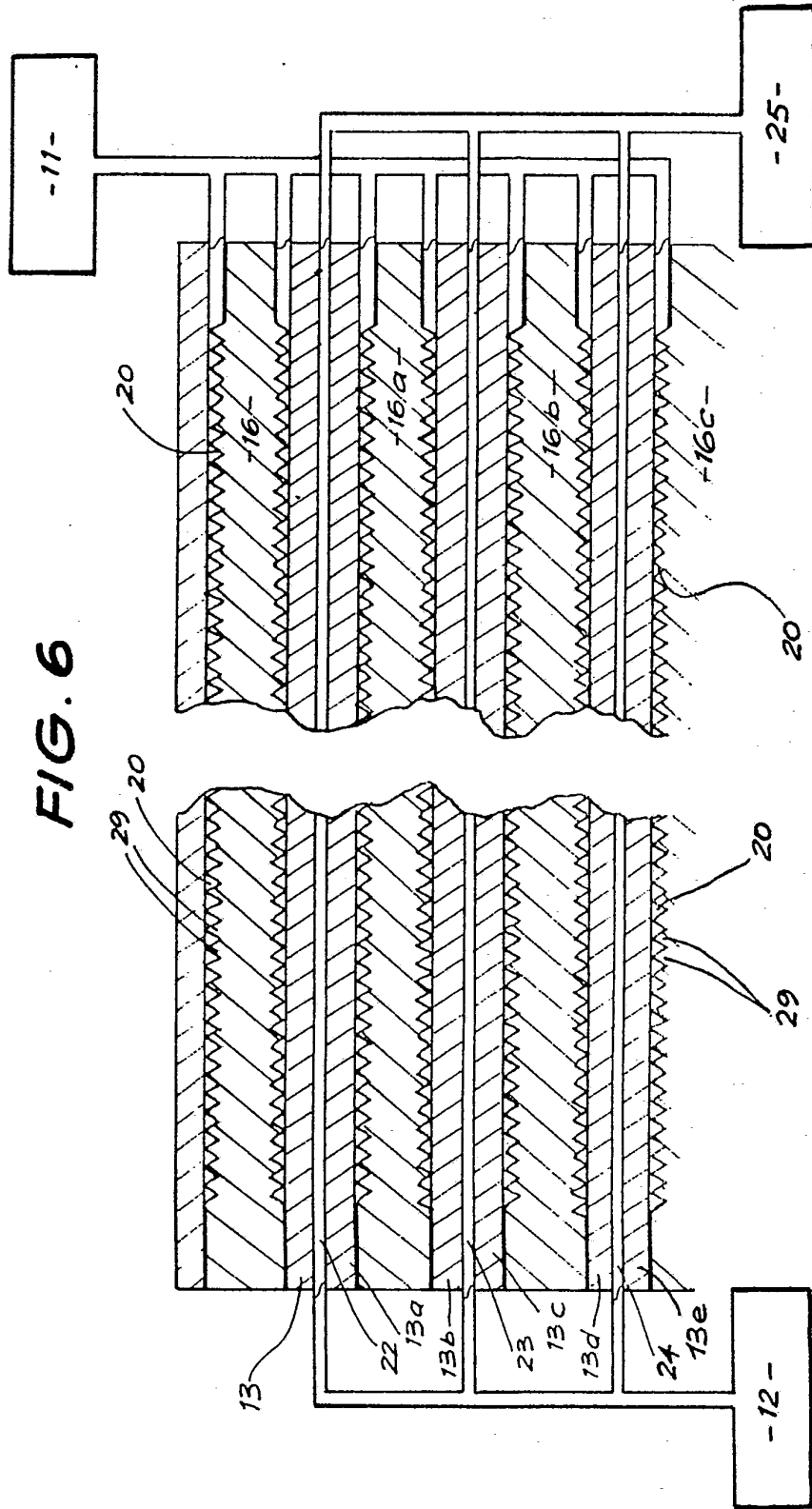


FIG. 5



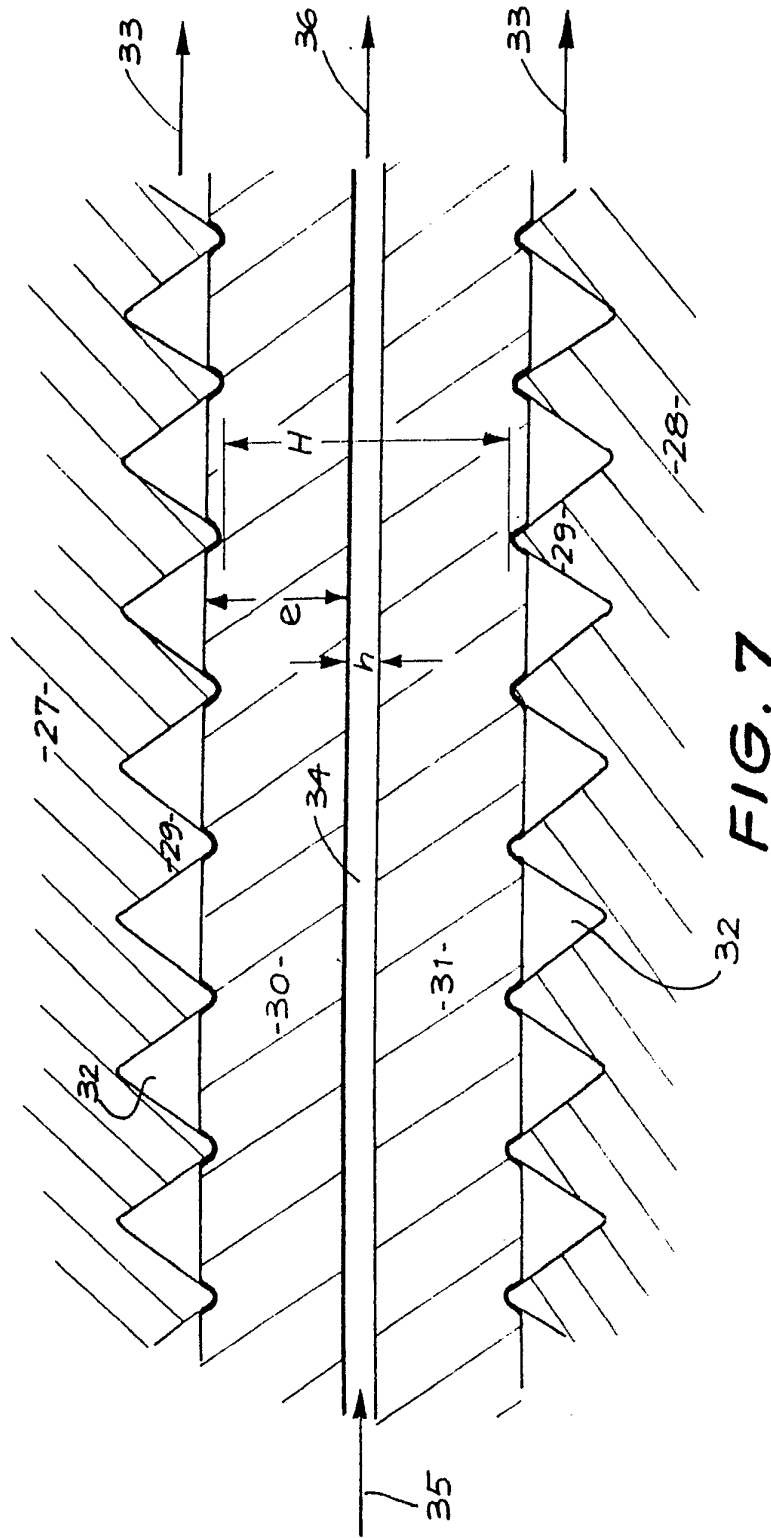
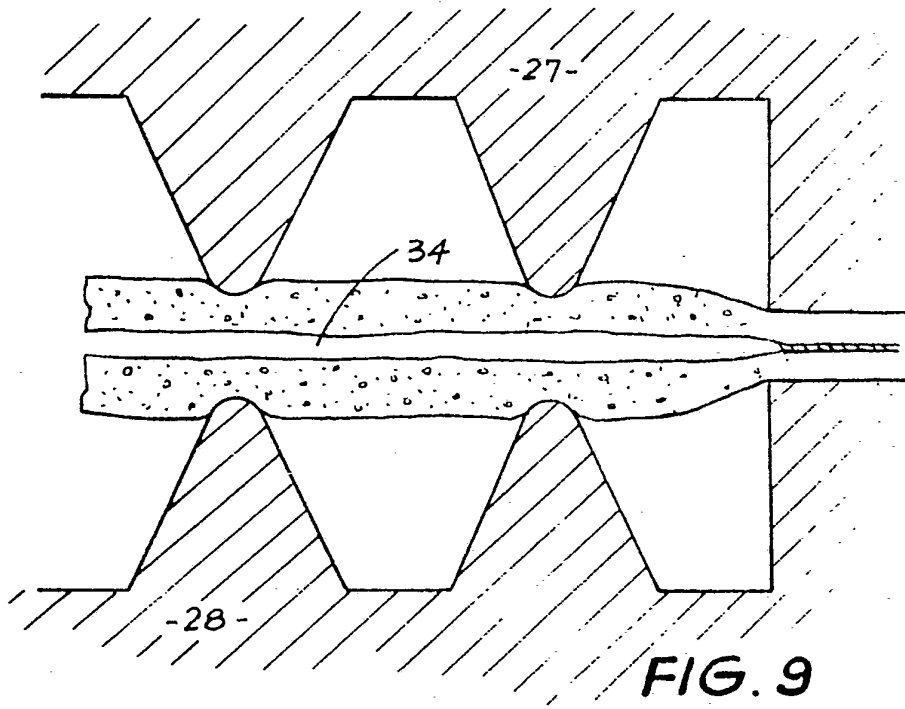
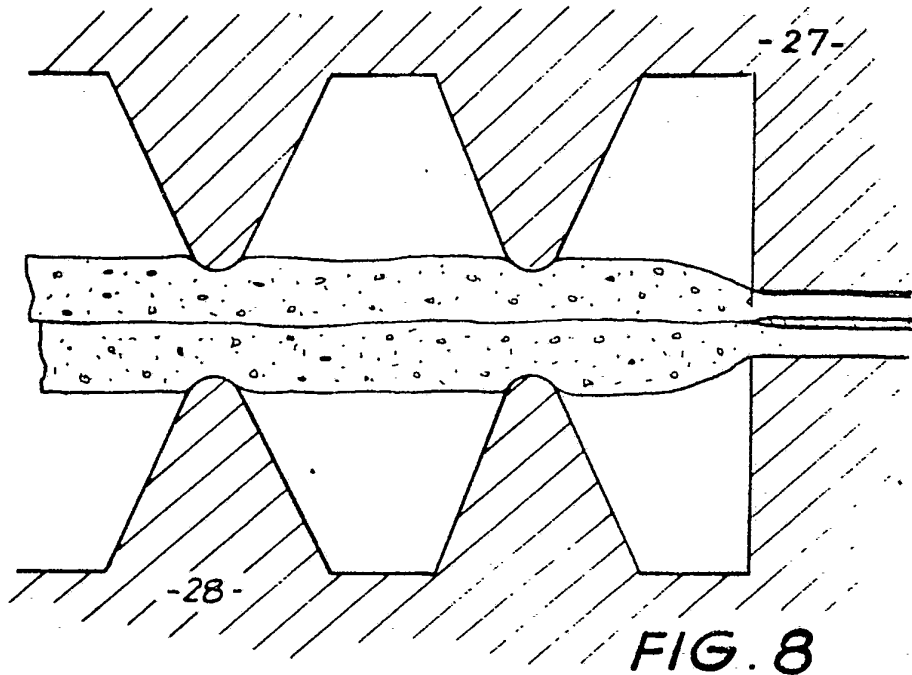


FIG. 7



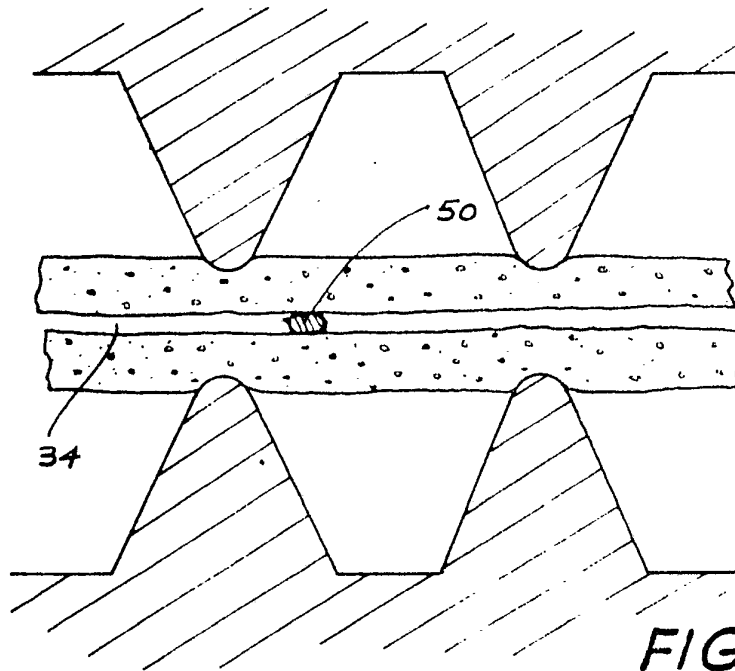


FIG. 10

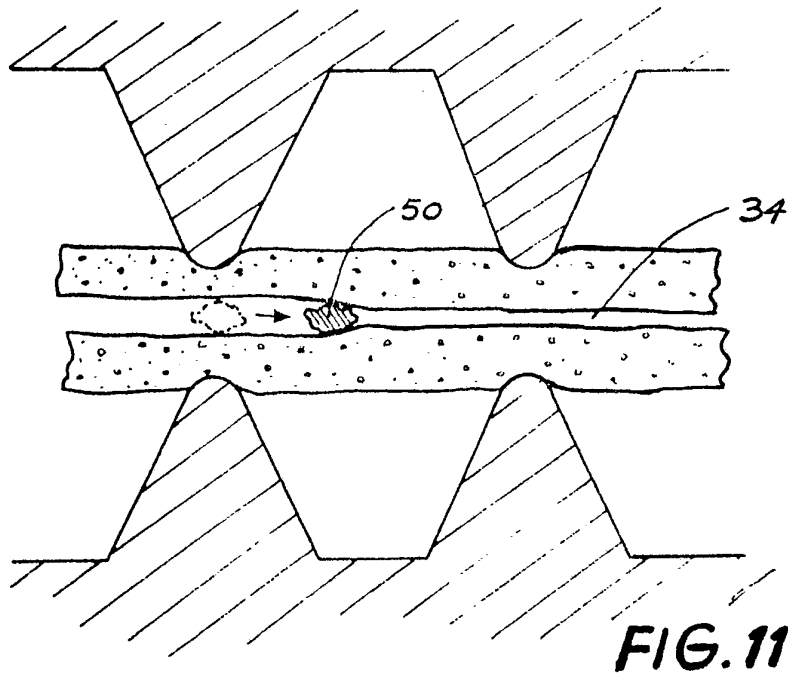


FIG. 11

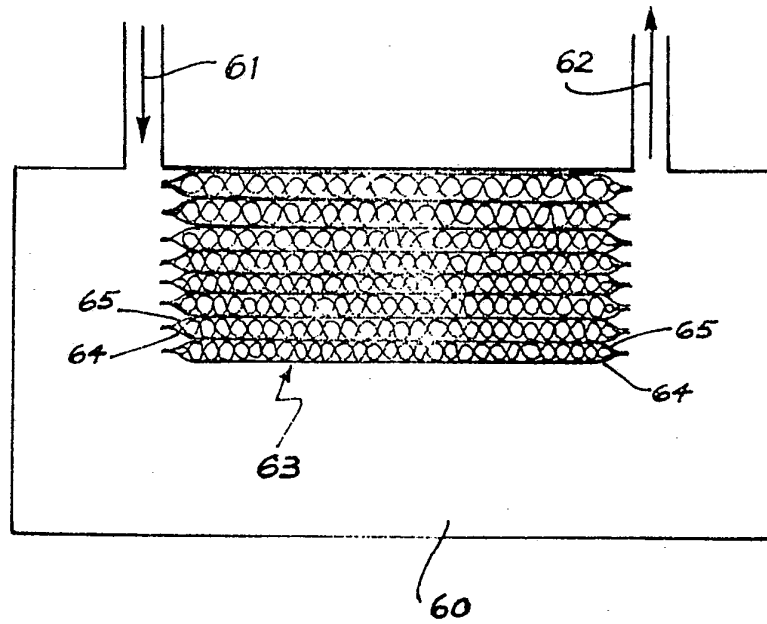


FIG. 12

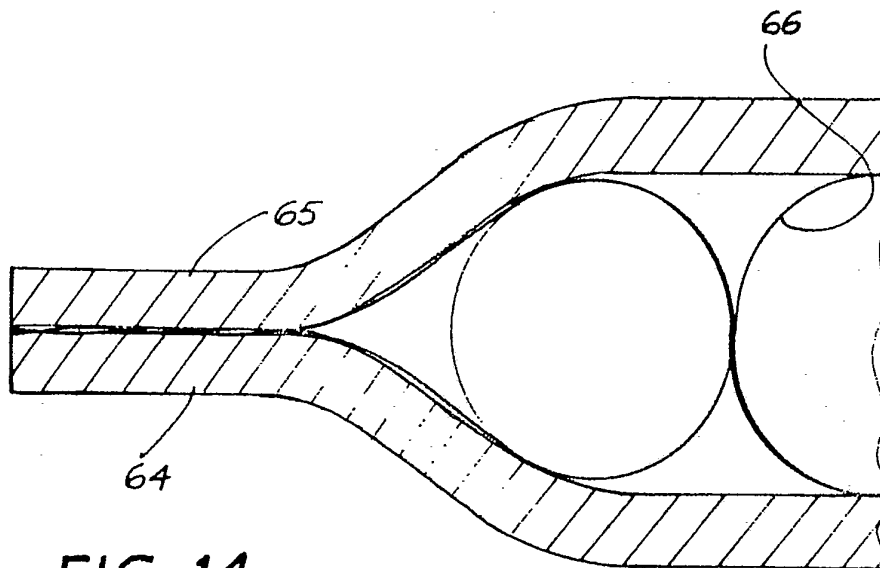


FIG. 14

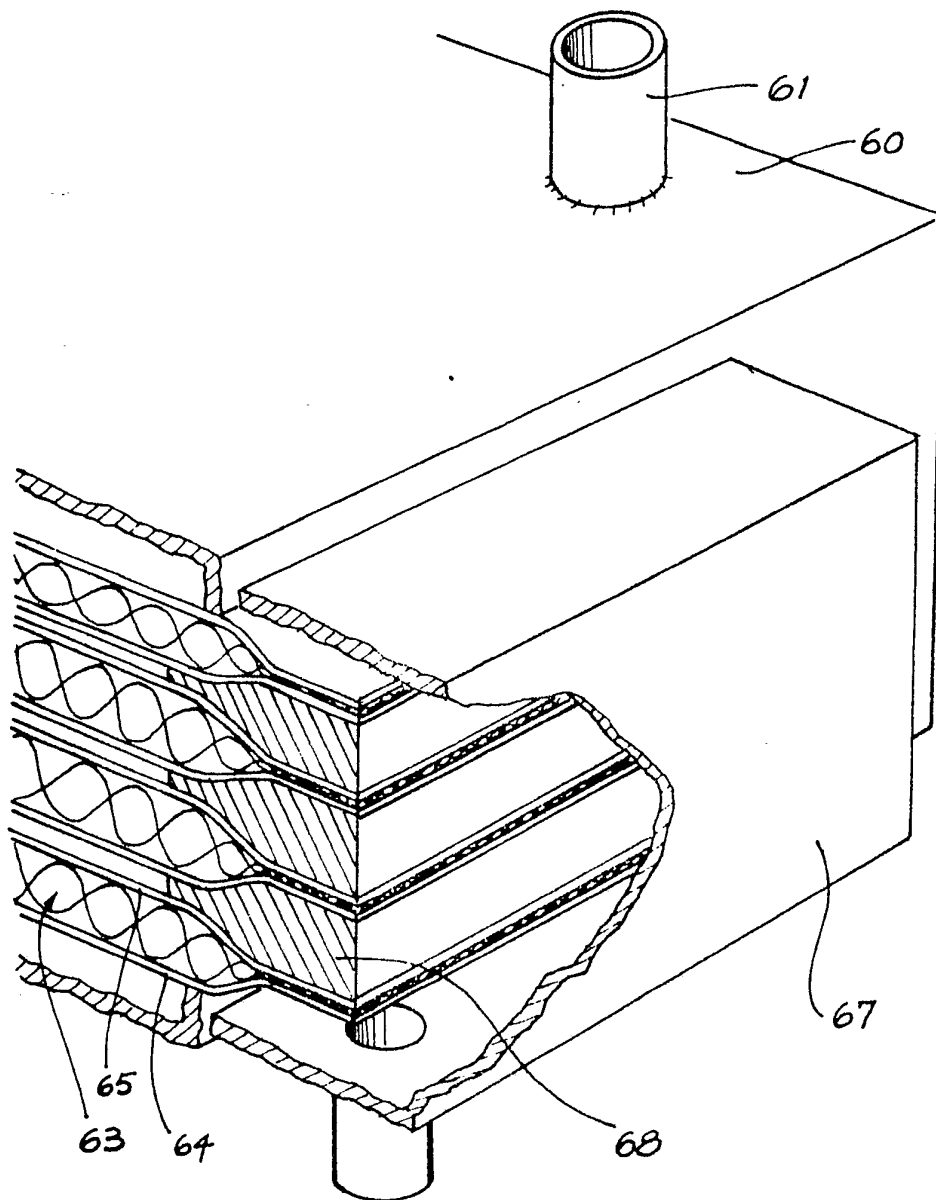


FIG. 13

**FIG. 15**

