



(12) **Oversettelse av  
europeisk patentskrift**

(11) **NO/EP 2205349 B1**

**NORGE**

(19) NO  
(51) Int Cl.  
**C01B 3/04 (2006.01)**  
**B01J 7/00 (2006.01)**  
**B01J 8/06 (2006.01)**

**Patentstyret**

---

|      |                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (21) | Oversettelse publisert                                                        | 2013.05.27                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| (80) | Dato for Den Europeiske Patentmyndighets publisering av det meddelte patentet | 2013.01.16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| (86) | Europeisk søknadsnr                                                           | 08840173.2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| (86) | Europeisk innleveringsdag                                                     | 2008.10.14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| (87) | Den europeiske søknadens Publiseringsdato                                     | 2010.07.14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| (30) | Prioritet                                                                     | 2007.10.16, GB, 0720171<br>2007.10.16, GB, 0720173<br>2007.10.16, GB, 0720174<br>2008.10.09, GB, 0818451                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| (84) | Utpekte stater                                                                | AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GR HR<br>HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO<br>SE SI SK TR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| (73) | Innehaver                                                                     | QinetiQ Limited, Cody Technology Park Ively Road, FarnboroughHampshire GU14 0LX, GB-Storbritannia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| (72) | Oppfinner                                                                     | SCATTERGOOD, Darren, Paul, QinetiQ LimitedHaslar Marine Technology ParkGosport, Hampshire PO12 2AG, GB-Storbritannia<br>MANTON, Graham, QinetiQ LimitedFort HalsteadSevenoaks, Kent TN14 7BP, GB-Storbritannia<br>FLEGG, Gareth, Thomas, 28 Foresters CloseWallington, Surrey SM6 9DH, GB-Storbritannia<br>CHURTON, Robert, John, Vere, QinetiQ LimitedHaslar Marine Technology ParkGosport, Hampshire PO12 2AG, GB-Storbritannia<br>BARNES, Philip, Nicholas, QinetiQ LimitedHaslar Marine Technology ParkGosport, Hampshire PO12 2AG, GB-Storbritannia<br>SLEE, William, Ranulf, QinetiQ LimitedHaslar Marine Technology ParkGosport, Hampshire PO12 2AG, GB-Storbritannia |
| (74) | Fullmektig                                                                    | Bryn Aarflot AS, Postboks 449 Sentrum, 0104 OSLO, Norge                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

---

|      |                       |                                                                                                                 |
|------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (54) | Benevnelse            | <b>Hydrogengenerator</b>                                                                                        |
| (56) | Anførte publikasjoner | FR-A- 2 906 805<br>US-A- 5 006 920<br>WO-A-02/18267<br>WO-A-2007/032742<br>WO-A-2007/098271<br>WO-A-2008/066486 |

## Hydrogengenerator

### Beskrivelse

5            Denne oppfinnelsen vedrører forbedringer i hydrogengeneratorer. Nærmere bestemt vedrører den en pyrolytisk hydrogengenerator hvor et materiale kan bli termisk nedbrutt for å generere hydrogen. Oppfinnelsen er spesielt egnet for lettere anvendelser, omfattende bærbare anvendelser, spesielt som del av et brenselcellesystem. Generatoren kan imidlertid også bli anvendt i andre systemer som krever hydrogen ved behov, så som større brensel-

10    celler, hydrogenmotorer eller gasskromatografer.

          Hydrogengenereringssystemer faller innunder to generelle klasser: generering av hydrogen fra væskeformige eller gassformige hydrokarboner, vanligvis omtalt som reformering; og hydrogengenerering ved nedbrytning av hydrogenholdige forbindelser. Nedbrytning av hydrogenholdige forbindelser kan deles inn ytterligere: nedbrytning i

15    nærvær av vann, omtalt som hydrolyse, og nedbrytning med varme, omtalt som pyrolyse eller termolyse.

          Termisk nedbrytning av kjemiske hydrider, så som aminboraner og metallborhydrider, er mye brukt som en mekanisme for generering av hydrogen. Tidlige patenter har beskrevet nedbrytning av disse forbindelsene for å generere hydrogen i en "ettskudds"

20    ikke-kontrollerbar reaktor for bruk med kjemiske høyenergilasere. Søkerens internasjonale patentsøknad WO 02/18267 beskriver en pyrolytisk hydrogengenerator der antenning av de hydrogenproduserende elementene styres av et tennstyringssystem for å muliggjøre for eksempel suksessiv eller samtidig antenning av enkeltpellets på en kontrollerbar og lastresponsiv måte.

25            US2005/0142404 beskriver i detalj en rekke forskjellige pyrolytiske gassgenereringssystemer der varmegenererende elementer er understøttet i forskjellige grupper.

          I en anordning ikke ifølge oppfinnelsen tilveiebringes en pyrolytisk hydrogen-generator omfattende en trykkbeholder omfattende en skålsammenstilling omfattende et flertall holdere for å motta termisk nedbrytbart hydrogenproduserende materiale, der

30    skålsammenstillingen omfatter komponenter av papp.

          Pappkomponentene vil vanligvis omfatte ett eller flere lag av papp som danner komponenter som tjener som en barriere og/eller som isolasjon og/eller som en understøtte og/eller som et fastgjøringsmiddel og/eller som en separator, eller tilsvarende formål. I en foretrukket anordning omfatter holderne (eller de hydrogenproduserende enhetene) holdere

35    (eller hus) av papp.

Hydrogengeneratorer basert på pyrolyse er umiddelbart skillbare fra de basert på hydrolyse, som følge av de vidt forskjellige driftsforholdene og bestanddelene. (For eksempel inneholder de basert på hydrolyse nødvendigvis anordninger så som vanntette forseglinger for å kontrollere vanninntrengning.) I en pyrolytisk hydrogengenerator er det funnet å være mulig å erstatte de tradisjonelle keramiske pelletsholderne fra kjent teknikk med et papphus uten betydelig forurensing av hydrogenutmatingen, siden det er funnet at de ikke i betydelig grad forvitrer eller brytes ned i hydrogenatmosfæren til tross for de hevede temperaturene. Deres uvirksomhet i et slikt miljø gjør derfor at de kan anvendes for å optimalisere energitettheter i bærbare kraftsystemer hvor det er veldig viktig at hydrogengeneratoren er så lett som mulig. Stikk i strid med etablert forståelse kan andre støtte- eller fastgjøringsstrukturer eller isolasjons- eller skillestrukturer tilsvarende bli erstattet med pappstrukturer. Slike strukturer kan for eksempel inkludere holderinger eller -skiver av papp for å holde hydrogenproduserende pellets på plass, sperrer eller skiller av papp for å hindre forurensning av gass eller andre kjemikalier, pappstøtter for å støtte opp eller posisjonere eller atskille elektriske komponenter eller pelletsholdere (enten av papp eller keramiske), eller pappisolatorer for isolasjon av elektriske komponenter eller for varmeisolasjon.

Betegnelsen "papp" skal forstås generelt å inkludere et hvilket som helst stivt, moderat tykt papirprodukt, herunder papirprodukter laget av ubleket kraftpapir og produkter kjent som "rocket paper". Generatoren kan være i en lastet (dvs. inneholde hydrogenproduserende materiale) tilstand eller en tom tilstand.

I en alternativ anordning ikke ifølge oppfinnelsen tilveiebringes en pyrolytisk hydrogengenerator omfattende en trykkbeholder omfattende en pelletsskålsammenstilling omfattende et flertall hydrogenproduserende elementer for å motta termisk nedbrytbart hydrogenproduserende materiale, der pelletsskålsammenstillingen omfatter bestanddeler av papp.

I en ytterligere alternativ anordning ikke ifølge oppfinnelsen tilveiebringes en pyrolytisk hydrogengenerator omfattende en trykkbeholder omfattende et flertall holdere for å motta termisk nedbrytbart hydrogenproduserende materiale og et tennsystem tilknyttet holderne for å igangsette nedbrytning, der holderne omfatter holdere av papp.

Henvisning til det følgende til et "tennsystem" og "tennere" som danner dette systemet refererer til et igangsettingssystem for å sette i gang termisk nedbrytning av det hydrogenproduserende materialet og selve anordningene/starterne som utløser prosessen. En tenner kan således omfatte en hetespiral eller en hvilken som helst annen anordning i stand til å levere en sterk tilførsel av varme.

Pappholderne kan omfatte separate respektive holdere eller hus og kan være anordnet vilkårlig eller i en ordnet oppstilling, fortrinnsvis i tettpakkede mønstre. Separate hus bidrar til å unngå problemer med krysstenning, spesielt i systemer hvor stor varmeavgivelse fra materialet som brytes ned er et problem. Imidlertid kan gitter- eller nettstrukturer eller tilsvarende koblede nettverk av pappceller (dvs. integrerte strukturer hvor hus deler felles vegger) bli anvendt i stedet for, eller gjerne i tillegg til, separate hus.

Før bruk kan hver av holderne bli lastet med en mengde av et termisk nedbrytbart, hydrogenproduserende materiale. Dette kan være i form av én eller flere pellets, som kan ha en hvilken som helst form eller størrelse. Eventuelt kan også en mengde av et varmegenererende materiale bli lastet inn i hvert hus, hvilket materiale er i stand til å antennes av tennsystemet og er i stand til deretter å bryte ned det hydrogenproduserende materialet. Pelletsstrukturen kan omfatte et første lag av en varmegenererende blanding i stand til å tennes av og anordnet tilstøtende en tenner (starter) for tennsystemet (igangsettings-systemet), og et andre lag omfattende en hydrogenproduserende blanding. Alternativt kan det første laget omfatte en varmegenererende og hydrogenproduserende blanding, mens det andre laget eller den andre andelen er den viktigste hydrogenholdige forbindelsen. Egnede varmegenererende og/eller hydrogenproduserende blandinger er beskrevet i WO02/18267; imidlertid er ammoniakkboran en spesielt energitett hydrogenkilde.

Pappholderen kan være permanent eller løsbart festet til en støtteskål eller et kretskort inne i trykkbeholderen. Et flertall separate eller sammenkoblede hus kan være tilveiebragt på én eller flere støtteskåler. Hvert hus kan omfatte et rør eller en konkav holder med en hvilken som helst passende form for å inneholde det gassproduserende materialet. Det kan ha én åpen ende, to motstående åpne ender eller to motstående lukkede ender, selv om en kopp- eller boksform med en lukket ende tilstøtende tennanordningen og en åpen fjern (distil) ende normalt vil bli anvendt. Den fjerne enden kan imidlertid ha et lokk og kan ha en festeanordning for å holde lokket på plass, dersom ekspansjon av nedbrytningsprodukter er forventet.

Papphuset kan omfatte et papprør. Dette kan eventuelt ha første og/eller andre endevegger av papp. Huset kan ha et hvilket som helst passende tverrsnitt, men vil vanligvis ha et sirkulært eller kvadratisk tverrsnitt. Det kan være åpent eller lukket. Den ene av eller begge papp-endeveggene, om de er innlemmet, kan være dannet i ett med røret, men er fortrinnsvis dannet separat, og kan være fast eller bevegelig festet til den ene av eller begge endene av røret, enten over endene, eller dersom de har en litt mindre diameter, anordnet som plater eller ringformede skiver inne i røret i eller nær den ene av eller begge endene. En holdering av papp kan være innsatt teleskopisk inne i røret,

fortrinnsvis omfattende et mye kortere rør med en litt mindre diameter, for å holde, for eksempel, en pellet på plass under den. Dette vil gi den tette kontakten nødvendig for en effektiv varmeoverføring, hindre bevegelse av pelletsen under nedbrytning samtidig som det tillater ekspansjon av nedbrytningsprodukter.

5           Hvert papphus kan være tilknyttet en respektiv tenner, som er innrettet for å antenne dets innhold, straks det er lastet inn, enkeltvis, enten suksessivt eller samtidig med andre tennere. Hydrogengeneratoren omfatter vanligvis et tennstyringssystem innrettet for å styre tennhastigheten i hvert respektive hus, for eksempel for å gjøre systemet last-responsivt. Hver tenner er normalt anordnet inne i det indre av papphuset.

10           Papphusene kan være festet direkte på kretskort, slik at en fjerner behovet for ytterligere støtteskåler og sparer plass og vekt. Fortrinnsvis er pelletsholderne festet på kretskort ved hjelp av par av flenser som står nedover fra tennene.

          Pappen lar bittesmå mengder av hydrogen diffundere langsomt gjennom veggene i huset, noe som kan bidra til å redusere ekspansjon av nedbrytningsprodukter, for eksempel ved nedbrytning av ammoniakkboran. Av varmereguleringsgrunner er imidlertid papphuset forsynt med luftekanaler for å lede massestrømning av utviklet hydrogen raskt ut av huset mot veggene i trykkbeholderen. For eksempel kan disse luftekanalene omfatte perforeringer, spalter, slisser eller hvilke som helst andre passende huller, innsnitt eller åpninger spesifikt innrettet for ventileringsformål. Disse kravene kan variere avhengig av om hydrogengeneratoren er tiltenkt for anvendelser med høy effekt, hvor generatoren er nokså stor og avkjøling av de hydrogenproduserende elementene er nødvendig for å hindre krysstenning, eller anvendelser med lav effekt, hvor generatoren er kompakt og det er nødvendig å holde på varmen i nærheten av de hydrogenproduserende elementene. Sammenfallende eller linjeførte luftekanaler, f.eks. huller, perforeringer, slisser, innsnitt etc. kan tilsvarende være dannet i hvilke som helst tilstøtende strukturer, så som et rør og/eller underlagsskiver og/eller holderinger som også er en del av huset.

          Luftekanalene er plassert i den endelige sammenstilte anordningen slik at de leder den utgående gasstrømningen utover vekk fra sentrum av anordningen, for eksempel midten av hver skål. I dette tilfellet kan generatoren ha et styrt tennsystem med en programmert brennsekvens som, i bruk, gjør at de ytterste (ringene av) pelletsene brent før eventuelle innenfor anordnede (ringer av) pellets. Dersom suksessive ytre områder (f.eks. ringer) av pelletsholdere er tilveiebragt, kan da i bruk hvert område bli hovedsakelig helt brent, i suksessiv rekkefølge, med start ved det ytterste området og avslutning ved det innerste området.

Termisk isolasjon kan være tilveiebragt inne i trykkbeholderen for å redusere varmeoverføringen fra de hydrogenproduserende elementene, og således krysstenning. Papphusenes isolerende egenskaper kan imidlertid fjerne behovet for ytterligere varme-isolasjon i trykkbeholderen. I den lastede og operasjonelle hydrogengeneratoren (hvor den lastede energitettheten og brennsekvensen er definert), kan papphusene derfor kan være valgt og anordnet på en slik måte at en unngår krysstenning under bruk, uten at noen som helst annen isolasjon er tilveiebragt i trykkbeholderen.

Hydrogengeneratoren kan være bærbar.

Bærbart utstyr omfattende en hydrogengenerator som beskrevet over kan være i form av et brenselcellesystem.

I en alternativ anordning ikke ifølge oppfinnelsen tilveiebringes en pyrolytisk hydrogengenerator omfattende en trykkbeholder som inneholder en gruppe av pellets-holdere for å understøtte pellets med en hvilken som helst form, det være seg en regulær eller irregulær form, massiv eller hul (f.eks. stenger, rør, ringer, smultringsformede masser, pulver, granuler, segmenter etc), av termisk nedbrytbart, hydrogenproduserende materiale og et tennsystem koblet til holderne, der hver holder er laget av papp. Huset har lav vekt og er billig å tilvirke, tillater diffusjon av hydrogen gjennom veggene, isolerer for å hindre krysstenning, kan være perforert for å styre strømmingen av utviklet hydrogen, og produserer ikke fremmedstoffer. Huset kan være direkte festet til et kretskort og kan enkelt tilpasses for å motta forskjellige tenneranordninger.

I en andre anordning ikke ifølge oppfinnelsen tilveiebringes en modulær pellets-skålsammenstilling for bruk i en pyrolytisk hydrogengenerator omfattende et flertall pellets-holderskåler anordnet oppå hverandre ved hjelp av et flertall støttstenger slik at de danner en stabel, der hver skål omfatter et flertall pelletsholdere og tilhørende tennere for å antenne pellets som blir lastet inn, i bruk, i de respektive pelletsholderne, og der støtte-stengene også sørger for elektrisk konnektivitet innenfor stabelen.

En slik anordning er lett, rask å sammenstille og, aller viktigst, kompakt, noe som gjør det mulig å oppnå høyere energitettheter. Spesielt fjerner den behovet for å feste utvendige ledninger rett på hver skål, eller langs stabelen.

Henvisninger til at skålene er anordnet "oppå hverandre" må tolkes vidt og krever ikke nødvendigvis at stabelen er oppreist, siden det er meningen at skålene kan ligge med en hvilken som helst orientering forutsatt at de er tilstøtende hverandre og danner en stabel.

Den elektriske konnektiviteten er fortrinnsvis rettet mot betjening av tennene.

Støttestengene kan danne individuelle søyler av støttestenger som strekker seg over hele stabelens lengde. En slik anordning gir konstruksjonen styrke og stivhet.

Støttestengene kan være enkeltstående (sammenhengende) stenger som strekker seg over hele stabelens lengde, dvs. én stang/søyle, i hvilket tilfelle skåler med pelletsholdere kan bli

5 sluppet ned på stengene for å bygge opp enheten. Denne anordningen er sterk, har god elektrisk konnektivitet og er rask å sammenstille. Dersom en bestemt skål trenger vedlikehold, er det imidlertid nødvendig å demontere stabelen helt ned til den aktuelle skålen. Alternativt kan støttestengene kun være like lange som høyden til én skål eller strekke seg over høyden til to eller tre skåler (dvs. flere skåler), i hvilket tilfelle det er  
10 nødvendig å tilveiebringe koblinger mellom stengene, men en oppnår da den fordel at stabelen kan ha variabel lengde. Stengene kan enten være koblet direkte til hverandre, eller ledende koblingsstykker kan bli anvendt for å tilveiebringe den elektriske konnektiviteten, i det sistnevnte fortrinnsvis er plassert inne i selve skålen. Støttestengene kan likevel bli oppstilt slik at de danner separate søyler av støttestenger som strekker seg over hele  
15 stabelens lengde (som i tilfellet med de sammenhengende stengene).

Enheten må være så kompakt som mulig, for å maksimere energitettheten, så den vil vanligvis være dannet av komplette skåler som inkluderer et sett av pelletsholdere og et sett av støttestenger med tilnærmet samme lengde som pelletsholderne, slik at det ikke er noe dødrom; stabelen blir da sammenstilt ved å stable hver komplette skål oppå den under.  
20 I denne sterkt foretrukne anordningen kan stabelen enkelt sammenstilles ved å stable hver komplette skål oppå den under, uten behov for ekstra støttestenger eller koblingsstykker.

Støttestengene blir normalt mottatt inne i ledende borer eller kanaler dannet i hver skål. Kanalene eller borerne kan være integrerte, for eksempel som del av et krets-kort (som danner skålen eller et øverste lag av denne), eller kan omfatte diskrete koblings-  
25 stykker festet separat i skålene, hvorav én eller flere kobles til tinnerne. Et flertall ring-formede pinnemottakere (pin grips) som strekker seg gjennom hver pelletsskål kan være tilpasset for å motta og gripe om støttestengene.

Pelletsholdere i de respektive skålene kan være linjeført gjennom hele stabelen, stablet over hverandre slik at de danner søyler av pelletsholdere. Dette gjør at kabel-  
30 føringen i skålene kan forenkles.

Mange kabelføringsløsninger er mulige. Imidlertid kan en støttestang søyle (bestående enten av én stang eller av et sett av stenger) være innrettet for å forsyne kraft til en gitt skål, i det x søyler forsyner kraft til x respektive skåler. Tilsvarende kan en støtte-  
stangs søyle være innrettet for å koble én søyle av linjeførte pelletsholdere til jord, i det det  
35 er y søyler som kobler y respektive søyler av pelletsholdere. Dersom begge typer søyler er

tilveiebragt, kan en hvilken som helst pelletsholder på en hvilken som helst skål bli isolert og antenningen av denne styrt individuelt, av en bryter, uavhengig av andre pelletsholdere i samme skål eller samme søyle.

Pelletsholderne er fortrinnsvis sirkulære, og i så fall er hver skål også fortrinnsvis sirkulær. I en foretrukket utførelsesform har hver skål seks pelletsholdere anordnet symmetrisk rundt en midtre, syvende pelletsholder. Pelletsholdere anordnet rundt periferien til skålene kan ha utovervendte lufteperforeringer. Imidlertid kan ytterligere ytre ringer være tilveiebragt (f.eks. 19 pelletsholdere/skåler), og i så fall kan alle pelletsholderne i de ytre ringene ha utovervendte lufteperforeringer, dvs. huller eller slisser kun dannet på sider som vender vekk fra eventuelle innenfor anordnede pelletsholdere. I dette tilfellet kan et tennstyringssystem sørge for at utenfor plasserte pelletsholdere får sine tennere utløst før de til innenforliggende pelletsholdere.

Hver av pelletsholderne omfatter tjenlig papphus, selv om de også kan være keramiske. Papphusene kan være av typen beskrevet over. For å fjerne dødrom vil pellets- holdernes øvre og nedre ender vanligvis ligge mot pelletsskåler over og under seg. Andre pappstrukturer som er beskrevet over kan også være tilveiebragt i pelletsskål-sammenstillingen.

I en tredje anordning ikke ifølge oppfinnelsen tilveiebringes en pelletsskålsammenstilling for bruk i en pyrolytisk hydrogengenerator og omfattende minst én pelletsholderskål omfattende et flertall pelletsholdere, der i hvert fall noen av de mer utover plasserte pellets- holderne kun inneholder utovervendte luftekanaler. I bruk gjør en slik anordning at de ytre pelletsholderne kan bli antent først uten risiko for krysstenning av innholdet i de indre holderne.

Betegnelsen "pelletsholdere" skal tolkes vidt til å inkludere kapper eller innkapslinger som omslutter pelletsholderne, siden den styrte utovergående ventileringen må oppnås ved å tilveiebringe selektiv ventilering i den ytre grensen som til syvende og sist styrer utgangen av gasser fra den enkelte pelletsholder. Luftekanalene fører massestrømning av utviklet hydrogen raskt ut av huset mot veggene i trykkbeholderen, og kan omfatte perforeringer, spalter, slisser eller hvilke som helst andre passende huller, innsnitt eller åpninger spesifikt innrettet for ventileringsformål. For eksempel kan pelletsholderen kun ha utvendig dannede innsnitt i sin toppkant som, i kombinasjon med et tilstøtende lokk oppå holderen, sørger for selektiv, utovergående ventilering.

Fortrinnsvis finnes det ingen huller eller åpninger i de ikke-sentralt anordnede pellets- holderne som er store nok til å muliggjøre hurtig lekkasje av hydrogen mot innenfor anordnede, nært beliggende pelletsholdere. Vanligvis vil luftekanaler kun være dannet i én

vinkelsektor av pelletsholderen som strekker seg over en mindre vinkel rundt en utgående retning (dvs. retningen svarende til posisjonen til den aktuelle pelletsholderen i forhold til midtpunktet til pelletsholderne som befinner seg på dette nivået eller denne skålen).

En hydrogengenerator kan omfatte nevnte pelletsskålsammenstilling og et tilhørende tennstyringssystem (i stand til å styre antenningstidspunktet for individuelle respektive pelletsholdere) anordnet inne i en trykkbeholder, og pelletsskålsammenstillingen kan omfatte et flertall pelletsskåler, hver med individuelle separate pelletsholdere. Holderne kan være anordnet i suksessive ytre ringer, hvilke ringer kan ha en hvilken som helst form (f.eks. kvadratiske, sirkulære, sekskantede etc). Imidlertid kan selektiv ventilering bli anvendt i en hvilken som helst anordning, det være seg en ordnet eller en tilfeldig oppstilling av holdere, som innbefatter et hvilket som helst antall suksessive ytre områder, forutsatt at de fleste av eller alle holderne i hvert av de suksessive ytre områdene har ytre luftekanaler og at de blir brent, i bruk, suksessivt i rekkefølge i innovergående retning med start med det ytterste området.

I en slik pelletsskålsammenstilling omfatter fortrinnsvis minst én pelletsholderskål tennere som er tilknyttet hver av pelletsholderne og styres av et tennstyringssystem, hvilket system er tilpasset for å utløse tennere tilknyttet de ytterste pelletsholderne før pelletsholderne plassert lengre innover. Der hvor det er minst to ytre ringer (eller områder) av pelletsholdere kan (de fleste av eller alle) de ytterste ringene være innrettet for å bli antent først før den neste ringen innenfor, og dette kan fortsette med hver neste ring innenfor i rekkefølge før den eller de midtre pelletsholderne tennes.

I en ytterligere anordning ikke ifølge oppfinnelsen tilveiebringes en fremgangsmåte for å drive en slik pelletsskålsammenstilling i en hydrogengenerator med de delvis perforerte pelletsholderne og tennsystemet, hvorved tennene tilknyttet de ytterste pelletsholderne blir utløst før pelletsholderne som befinner seg lengre innenfor. Bærbart utstyr ikke ifølge oppfinnelsen kan tilveiebringes, omfattende en hydrogengenerator som beskrevet over, hvilket utstyr kan være i form av en brenselcelle.

Det tilveiebringes videre et antall alternative anordninger, noen ifølge og andre ikke ifølge oppfinnelsen, som vedrører tilveiebringelse av skillevegger (eller separatorer) rundt de hydrogenproduserende enhetene for å oppnå forskjellige tekniske fordeler. Trekkene som beskrives i det følgende kan kombineres med hvilke som helst trekk beskrevet over, bortsett fra hvor disse åpenbart er i konflikt. For eksempel kan de hydrogenproduserende elementene og gruppene være som beskrevet over, i det gruppene er anordnet på respektive skåler som beskrevet over, som igjen kan være deler av sammenstillinger som beskrevet over.

Ifølge oppfinnelsen tilveiebringes det således en pyrolytisk hydrogengenerator omfattende en gruppe av hydrogenproduserende elementer anordnet side om side og atskilt fra hverandre i celler av skillevegger forsynt med retningsbestemt ventilering innrettet for å la gasser gå ut sideveis kun i utovergående retninger i forhold til sentrum av gruppen.

5           Som følge av dette kan utlufting av gasser sideveis i en hvilken som helst gruppe, uansett om den er sirkulær, rektangulær, sekskantet eller har en hvilken som helst annen passende form avhengig av generatorens form, styres for å hindre kryssaktivering, noe som vanligvis er et problem i sentrum av slike "side om side"-oppstillinger av slike elementer. Noen av eller alle elementene kan være atskilt fra hverandre i celler, og normalt vil hver  
10       celle kun inneholde ett element.

Vanligvis vil hvert element være operativt koblet til et styresystem, og hvert element normalt være koblet til en tilhørende tenner, hvilket system styrer brenningen av elementene i en valgt sekvens. Igangsettingen av pyrolyse av de hydrogenproduserende elementene kan være styrt av et styresystem i en sekvens som minimerer eller unngår  
15       ventilering av hydrogenproduserende elementer utover mot tilstøtende, ubrente hydrogenproduserende elementer. Sekvensen bør være slik at når de fleste av, eller alle, elementene brennes, alle elementer som befinner seg hovedsakelig utover fra hvert av disse elementene allerede er brent. De ytterste hydrogenproduserende elementene vil vanligvis bli brent først. Disse vil vanligvis bli suksessivt etterfulgt av innenforliggende  
20       hydrogenproduserende elementer (selv om det kan være ett eller to tilfeldige unntak) slik at innenforliggende hydrogenproduserende elementer kun blir brent og ventilert hovedsakelig i retning av allerede brente, utenforliggende hydrogenproduserende elementer.

Den retningsbestemte ventileringen retter fortrinnsvis (sideveis) utgående gasser og eventuelle utgående avfallsprodukter mot tilstøtende, utenforliggende tomme rom. (Det kan  
25       også være oppovergående utslipp av gass - gjennom åpninger - men det er den sideveis rettede gassbevegelsen som må minimises for å hindre kryssaktivering.) For innvendig anordnede hydrogenproduserende elementer i gruppen rettes fortrinnsvis utgående gasser og eventuelle utgående avfallsprodukter mot åpninger mellom tilstøtende, utenforliggende hydrogenproduserende elementer.

30       De hydrogenproduserende elementene kan omfatte én eller flere pellets av hydrogenproduserende materiale, og skilleveggene som deler inn elementene i (primære) celler kan omfatte enkelthus som omslutter pelletsen(e), der husene kun har utovervendte luftekanaler. Luftekanalene kan være anordnet i en bestemt vinkel, f.eks. pluss eller minus 5°, eller kan strekke seg over en ønsket mindre vinkelsektor, f.eks. pluss eller minus 30°.

Ideelt sett er husene i tillegg omgitt av et system av ledeplater (baffles) som forløper mellom dem og deler dem inn i et ytterligere sett av atskilte celler. Nestede celler (dvs. celler innenfor celler) muliggjør en mer fleksibel styring av ventileringen, bredere valg av materialer (isolatorer/ledere) for ledeplate/hus og kan gi en bedre varmebortskaffelse, dersom ledeplatene er varmeledende. Det ytterligere settet av atskilte celler (dvs. sekundære celler) kan inneholde respektive tomme rom beliggende utenfor og tilstøtende husene, og fortrinnsvis leder de utovervendte luftekanalene i husene utgående gasser og eventuelle utgående avfallsprodukter mot det respektive tomme rommet.

Ledeplatene kan være betydelig porøse slik at det meste av deres overflateareal lar gasser luftes fritt ut derigjennom. Netting eller andre i stor grad porøse strukturer, dersom de er varmeledende, gir økt kjøling.

Ledeplatene kan være dannet som en sammenhengende gitteranordning.

I et alternativt fjerde aspekt tilveiebringes en pyrolytisk hydrogengenerator omfattende en gruppe av hydrogenproduserende elementer anordnet side om side samt et system av ledeplater som forløper mellom de tilstøtende hydrogenproduserende elementene og deler dem inn i separate celler, der systemet omfatter gassperrende ledeplateelementer og gassventilerende ledeplateelementer, hvilke elementer styrer sideretningen til gassene som luftes ut innenfor gruppen.

De gassventilerende ledeplateelementene kan være laget av et varmeledende materiale for å fjerne noe av varmen fra gassene raskt, og om nødvendig kan både de gassperrende og de gassventilerende ledeplateelementene være laget av et varmeledende materiale. I noen tilfeller er det imidlertid foretrukket at de gassperrende ledeplateelementene er laget av et varmeisolerende materiale, spesielt når de blir anvendt på måten som beskrives nedenfor for å hindre sideveis bevegelse innenfor et gitt område.

Systemet av ledeplater kan dele inn de hydrogenproduserende elementene i to eller flere tilstøtende, suksessivt innover beliggende områder av celler, i forhold til sentrum av gruppen. Cellene i ett av nevnte områder kan omfatte gassperrende ledeplateelementer som hindrer sirkulasjon av varme gasser mellom tilstøtende celler i nevnte område. Cellene i ett av nevnte områder kan omfatte gassventilerende ledeplateelementer som lar varme gasser ventileres utover fra nevnte område av celler, i forhold til sentrum av gruppen. De gassventilerende ledeplateelementene er fortrinnsvis betydelig porøse.

Siden generatorer vanligvis er sylindriske trykkbeholdere kan generatoren ha en sirkulær gruppe av hydrogenproduserende elementer som deles inn i celler av systemet av ledeplater, der gruppen inkluderer et senterområde med én eller flere celler og ett eller flere suksessivt utenforliggende ringformede områder eller ringer av celler.

Systemet av ledeplater kan omfatte to eller flere konsentriske ringer av periferisk forløpende, gassventilerende ledeplateelementer som krysses av radially forløpende, gassperrende ledeplateelementer, for å danne cellene. De ytterste, periferisk forløpende ledeplateelementene kan omslutte den utvendige omkretsen til gruppen av hydrogen-

5 produserende elementer, og de kan inkludere en utstående andel på hver celle med dødrom som rager ut forbi omkretsen; dette kan gi et større overflateareal for varmebortskaffelse og kan romme avfallsprodukter innenfor periferien fra pyrolysen av de hydrogen-

produserende elementene.

Ledeplatesystemet kan omfatte én eller flere kontinuerlige ringer som danner de

10 gassventilerende elementene, og korte, segmenterte ledeplater som kan slippes på plass inne i ringene og som danner de gassperrende elementene. Celler kan bli dannet med doble vegger som utgjøres av overlappende segmenterte, gassperrende ledeplateelementer. De radially forløpende ledeplateelementene kan være rette og strekke seg i én enkelt radial retning utover (og kan føye seg sammen med konsentriske ringer av periferisk forløpende

15 ledeplateelementer), men er også fortrinnsvis dannet av segmenter som ligger som deler av polygoner, spesielt dersom disse avgrenser eller inneslutter dødvolume.

I en ytterligere anordning ikke ifølge oppfinnelsen tilveiebringes en pyrolytisk hydrogengenerator som omfatter en gruppe av hydrogenproduserende elementer anordnet side om side og som har et system av ledeplater som ligger mellom de tilstøtende

20 hydrogenproduserende elementene og deler dem inn i individuelle celler, der systemet omfatter en sammenhengende gitteranordning anbragt over gruppen og dannet av en sammenfoldbar bikakestruktur.

Strukturen kan være varmeledende og dannet av en ekstrudert eller ekspandert metallisk bikakestruktur av en sammenfoldbar trekkspill-type, eller kan være dannet av

25 ekstrudert plast, papp eller andre isolerende materialer. Systemet kan bli anvendt over en del (f.eks. en midtre andel) eller hele gruppen. De hydrogenproduserende elementene har fortrinnsvis alle samme størrelse og ligger med lik innbyrdes avstand i en regulær, fortrinnsvis sekskantet, oppstilling.

De forskjellige aspektene omtalt over vil nå bli beskrevet, kun som et eksempel, med

30 støtte i de vedlagte tegningene, der:

Figur 1 er en perspektivtegning av en sammenstilt pelletsholder for bruk i en hydrogengenerator ifølge oppfinnelsen;

Figur 2 er en perspektivtegning sett ovenfra av en pelletsskålsammenstilling for bruk i en hydrogengenerator ifølge oppfinnelsen;

35 Figur 3 er en perspektivtegning av én pelletsskål i sammenstillingen i figur 2;

Figur 4 er en splittegning av én pelletsholder i skålen i figur 3;

Figurene 5a og 5b er perspektivtegninger sett henholdsvis ovenfra og undenfra av et kretskort i skålen i figur 2;

5     Figur 6 er en perspektivtegning sett undenfra av pelletsskålsammenstillingen i figur 2;

Figurene 7a og 7b er skjematiske planriss av to alternative pelletsholderanordninger for bruk i en hydrogengenerator ifølge oppfinnelsen;

Figurene 8a, 8b og 8c er skjematiske snitt av tre alternative støttestanganordninger for bruk i en hydrogengenerator ifølge oppfinnelsen;

10     Figur 9 er en perspektivtegning sett overfra av en pelletsskålsammenstilling for bruk i en hydrogengenerator ifølge oppfinnelsen;

Figurene 10a og 10b viser henholdsvis to alternative varmeledeplatesystemer for en skål med 7 pelletsholdere;

15     Figurene 11a til 11f viser seks alternative varmeledeplatesystemer for en skål med 19 pelletsholdere;

Figurene 12a og 12b viser henholdsvis to alternative varmeledeplatesystemer for en skål med 19 pelletsholdere og antyder gasstrømningenes retning;

Figur 13 er en skjematisk perspektivtegning av komponentene i varmeledeplate-systemet i figur 12b;

20     Figur 14a er en skjematisk perspektivtegning av et sammenhengende bikakeledeplatesystem for en skål med 19 pelletsholdere, mens figur 14b er en skjematisk betraktning av en del av bikakestrukturen;

Figur 15 er et fotografi av papp-pelletsholderne etter bruk i en hydrogengenerator under oksiderende og ikke-oksiderende betingelser; og

25     Figurene 16a og 16b er fotografier som viser betraktninger henholdsvis i perspektiv og ovenfra av et alternativt ledeplatesystem med gassperrende og gassventilerende elementer.

Figur 1 illustrerer en sirkulær pelletsholder av papp for bruk i en hydrogenkilde ifølge det første aspektet. Den enkeltstående pelletsholderen 15 har en åpen koppform og dannes av et papprør 16 og en pappskive 17, som er innsatt i papprøret 16 i den ene enden for å danne en avtagbar bunn. Skiven 17 har en tett passform for å hindre uønsket diffusjon av varme eller hydrogen nedover til en tilstøtende kopp. (Grader fra skjæreprosessen kan tjenlig hindre at skiven 17 glir ut.) Koppen har en høyde på 2 cm, en innvendig diameter på 1,6 og en veggtykkelse på 1 mm. Luftekanaler 18 i form av runde huller er tilveiebragt kun i én vinkelsektor av røret 16 nær toppkanten, for å slippe ut varm H<sub>2</sub>-gass. Som vist i figur 9

30

35

vil holderne 15 bli anordnet i en gruppe med luftkanalene vendt utover fra sentrum av gruppen for å muliggjøre ventilering hovedsakelig kun i denne retningen.

En hvilken som helst egnet papp kan bli anvendt, forutsatt at den er stiv nok, har vært lagret i et tørt miljø og ikke er forurensset med uønskede kjemiske produkter (dvs. ikke er behandlet eller malt). Ubleket, utrykket papp er egnet, og eventuelt lim anvendt i lamineringen av pappen eller tilvirkningen av komponenter, f.eks. rørdannelsen, må anvende vedheftingsmidler som er uvirksomme når de varmes opp i generatormiljøet, for eksempel de basert på stivelse eller polyvinylalkohol. (Lim som kan brytes ned og avgis fremmedstoffer i den utgående hydrogengassen, for eksempel produkter som er skadelig for en PEM-brenselcelle som anvendes nedstrøms, f.eks. cyanoakrylater, må ikke være anvendt.) Lettpapp, spesielt i området 230-270 g/m<sup>2</sup>, eller "rocket paper", kan for eksempel bli anvendt.

Figur 2 viser en pelletsskålsammenstilling som inneholder pelletsholdere for bruk i en hydrogenkilde. Sammenstillingen er innrettet for å festes i en sylindrisk innsats (ikke vist) for å danne hydrogengeneratoren, som kan bli koblet for eksempel til en brenselcelle for bruk som en transportabel kraftkilde.

Sylindriske trykkbeholdere er vanligvis foretrukket, og pelletsskålsammenstillingen er derfor basert på sirkulær symmetri. Pelletsskålsammenstillingen 1 omfatter en langstrakt sylindrisk stabel 1 av sirkulære pelletsskåler 2, anordnet oppå hverandre (selv om de kan bli operert i en hvilken som helst orientering). Sammenstillingen er en modulær anordning som kan være tilpasset for å imøtekomme forskjellige lastkrav, men omfatter i anordningen her 6 skåler. Hver pelletsskål 2 omfatter et kretskort 3 på hvilket det er anordnet syv pelletsholdere 4. Utformingen av hver pelletsskål er vist i figur 3. Pelletsholderne 4 er anordnet i et sekskantet mønster (mellom støtterør 5) med den syvende pelletsholderen plassert i sentrum. Pelletsholderne 4 i tilstøtende skåler er vertikalt linjeførte slik at de opptar identiske posisjoner gjennom hele stabelen 1.

Messingstenger eller -støtterør 5 forløper mellom tilstøtende skåler 2 og er også linjeført vertikalt gjennom hele stabelen 1 slik at de danner stigende søyler av støtterør 5. Stengene er fortrinnsvis hule for å redusere vekten. Disse støtterørene tjener to formål, nemlig å koble sammen stabelen og sørge for elektrisk konnektivitet for pelletsholderne i de respektive skålene. Noen støttestenger kan være tilveiebragt for å sørge for elektrisk konnektivitet til andre følere eller anordninger anbragt inne i stabelen 1, for eksempel, termistorer (ikke vist), samtidig som de også gir stivhet.

I den foreliggende utførelsesformen er et sett av stenger tilknyttet hvert skålnivå, der stengene har hovedsakelig samme lengde som pelletsholderne. De øvre og nedre

endene av rørene 5 er fastholdt i ringformede ledende pinnemottakere 6 anordnet på respektive tilstøtende skåler, i det de øvre endene fortrinnsvis er loddet inn i pinnemottakerne 6. Med henvisning til figurene 5a og 5b rager pinnemottakerne 6 ut forbi begge sider av hver skål, selv om de hovedsakelig rager oppover fra oversidene 7.

5 Et sirkulært støvfilter/en sirkulær forsegling 8 er festet til den nedre overflaten 9 av kretskortet. Som kan sees er en diode 10 anordnet under hver respektive pelletsholder 4 for å sikre enveis strømming, og diodene og pinnemottakerne 6 står gjennom tetningen 8. Den øvre enden av stabelen 1 er forseglet med et ende-lukkende kretskort 11 og den nedre enden har et ytterligere stabelkoblingskretskort 12 forsynt med en kobling 13.

10 Figur 4 viser en splittegning av komponentene i én enkelt pelletsholder 4, når den er lastet og klar til bruk. Selve pelletsholderen 4 omfatter en støtteskive 20 av papp, et sylindrisk papphus eller -rør 30 og en holdering 26 av papp innsatt i huset.

Oppå pappstøtteskiven 20 er det plassert en mica-skive 21, et polyimid bærerlag 22 og en tenner/starter i form av en hetespiral 23. Deretter blir huset 30 lastet med de fornybare kjemiske komponentene, nemlig en varmeblandingspellet 24 og en hydrogenproduserende pellet, i dette tilfellet en presset pellet av ammoniakkboran 25. Sistnevnte holdes på plass av papp-holderingen 26, som har en tett passform inne i røret 30. Et sølvpapirløkk 27, et aluminiumsfolieløkk 28 og en glassullplugg 29 er plassert oppå hverandre over pelleten for isolasjon og for å hindre betydelig oppovergående strømming av H<sub>2</sub>-gass til skålen over.

Hver pelletsholder 4 er festet til kretskortet 3 ved hjelp av et par av nedoverstående, ledende flenser 14 som danner de to endene av hetespiralen (som vist i figur 3). Hver av de 6 ytre pelletsholderne 4 er delvis perforert i den andelen av røret 30 som vender utover, idet perforeringene 31 leder den varmegenererte H<sub>2</sub>-gassen vekk fra de andre pellets- holderne 4 for å hindre krysstenning; holderingen 26 anordnet inne i røret 30 har tilhørende linjeførte, sammenfallende perforeringer. Den midtre pelletsholderen 4 er omgitt av andre holdere, og brennes til slutt; den har ingen perforeringer og er derfor beskyttet mot sideveis gasstrømming.

30 Stabelen 1 sammenstilles ved først å montere stabelkoblingskretskortet 12 og så de individuelle pelletsskålene 4. Når det gjelder sistnevnte må perforeringene 31 i papphuset 30 vende utover og komponentene inni blir presset sammen for å sikre god kontakt. Spesielt må varmeblandingspelleten 24 ligge tett mot tennerspiralen 23 og den hydrogenproduserende pelleten 25.

35 Den nederste pelletsskålen 4 blir plassert på stabelkoblingskretskortet 12 ved hjelp av et sett av støttestenger 5 med kortere lengde. Deretter blir de respektive individuelle,

"komplette" skålmodulene 4 lagt til. I denne konkrete anordningen blir (de lengre) standard-lengde støttestengene 5 permanent loddet fast til undersiden av pinnemottakerne 6 slik at de rager nedover fra en gitt skål (se figur 8b) og blir løsbart festet til pelletsskålen 4 umiddelbart under, fra hvilken skål et sett av pelletsholdere står oppover (tilsvarende som 5 stalaktitter og stalagmitter). En "komplett" skålmodul er vist av klammeparentesen A i figur 2. Deretter blir det nødvendige antall "komplette" pelletsskålmoduler s suksessivt lagt til i stabelen og presset sammen for å sikre en stiv stabel. Kretskortet 11 med endedekselet blir så festet på plass i toppen.

Stabelen 1, når den er lastet med pellets, kan bli satt inn med toppen først i en 10 hvilken som helst passende innsats-type hydrogenproduserende trykkbeholder, så som for eksempel en innsats som er kjent for fagmannen (og beskrevet for eksempel i WO02/18267). Stabelkoblingskretskortet 12 vil være koblet til et passende grensesnitt/endedeksel som forseglar trykkbeholderen.

I den foreliggende anordningen er de sirkulære skålene 5,6 cm i diameter, mens de 15 sirkulære pelletsholderne har en diameter på  $\sim 1,6$  cm og en høyde på  $\sim 2$  cm. Hver pellets-holder kan ta 1g ammoniakkboran slik at en skål med 7 pellets kan inneholde 42g ammoniakkboran og produsere 74 liter  $H_2$ -gass. En stabel av denne størrelsen, for eksempel, vil være passende for å drive en 50W brenselcelle i 2 timer, og kan således være passende for å drive en 50W anordning. f.eks. et bærbart TV-kamera eller radioutstyr.

20 En foretrukket brennsekvens vil brenne den midtre pelleten i hver skål til slutt, mens de ytre pelletene i hver skål blir brent først. Det er også foretrukket å bevirke pelletsbrenningen i et alternerende mønster rundt stabelen (f.eks. vekselvis på motsatte sider) for å unngå brenning av tilstøtende pellets i samme skål eller tilstøtende pellets tett plassert i skåler over eller under hverandre, for å unngå utvikling av heteflekke.

25 Om ønsket kan en ytterligere, større ring av pelletsholdere bli anbragt utenfor de seks pelletsholderne på en større skål, som igjen kun har utoverrettede perforeringer. En slik skål med 19 pellets er vist i figur 9. Så lenge brennsekvensen sikrer at den ytterste ringen av pellets er helt eller nesten helt brent før den neste, innerste ringen av pellets brennes, er det mulig å unngå krysstenning av de innenforliggende, ubrente pelletsene.

### Eksempel

30 I et testeksempel ble stabelen lastet med 42 x 1g pellets av ammoniakkboran (AB) og innsatt i en prøveinnsats forseglet av et spesiallaget grensesnittsstyringssystem for å danne en testhydrogengenerator. Denne ble koblet til en 100W PEM-brenselcelle. Innsatsen

ble skyllet med argon og så trykksatt med H<sub>2</sub>. Den totale systemvekten til AB-brennstoffet, innsatsen og brenselcellen var 3,47 kg.

Testen varte i 51 minutter mens styresystemet trippet ut for tidlig etter 42 minutter slik at bare 32 av 47 pellets ble aktivert. Den målte gjennomsnittsspenningen var ~13V, den målte gjennomsnittsstrømmen var ~3,5A og den beregnede gjennomsnittseffekten var ~46W, som ble integrert opp til en total energi på 58 Watt-timer for dette oppsettet. Den midlere krafttettheten (for systemet på 3,47 kg) var 13W/kg.

I en ytterligere test ble den samme hydrogeneratoren lastet på nytt og lasten ble økt til ~7.5A, ~11 V for å levere en maksimal effektutgang på ~80W, som enkelt ble opprettholdt i noen få minutter. Selv om pyrolytiske hydrogeneratorer, som halvleder-systemer, i seg selv er robuste, er den foreliggende stabelanordningen funnet å være spesielt robust og pålitelig. I en ytterligere test blir systemet med hell aktivert oppover, nedover og på begge sider (dvs. i 4 orienteringer som går gjennom 360°) og ble funnet å oppvise en dynamisk orienteringsuavhengighet.

Selv om det er sterkt foretrukket at støttestengene 5 opptar identiske posisjoner over hele stabelen 1, slik at direkte forbindelser kan dannes mellom stengene 5 (og pinnemottakerne 6) fra tilstøtende skåler og den strukturelle stivheten kan optimaliseres, vil det være mulig å anvende andre anordninger hvor for eksempel elektrisk konnektivitet må besørges til ikke-linjeførte støttestenger for tilstøtende skåler via kretskortet på skålene. Dette vil innebære at tilstøtende skåler vil ha forskjellige anordninger, for eksempel to forskjellige typer kretskort i en alternerende anordning av de to typene skåler, og kan kreve tilveiebringelse av ytterligere pinnemottakere som kun gir enten en oppovergående eller en nedovergående elektrisk forbindelse, heller enn begge typer forbindelse som i den foreliggende anordningen.

Selv om den foreliggende pelletsskålanordningen med runde pelletsholdere og runde skåler er foretrukket, er også andre holder-/skålanordninger mulig.

De foreliggende individuelle settene av støttestenger muliggjør enkel demontering av stabelen og tillegging/fjerning av skåler. Som vist i figur 8b er hver (korte) støttestang 5 festet i en loddet sammenføyning 34 inn i bunnen av pinnemottakeren 6 på undersiden av PCB 3 og strekker seg ned til pinnemottakeren 6 på skålen under. Imidlertid er sammenstillingen av hver skålmodul tidkrevende og de lodede sammenføyningene 34 kan ryke. De individuelle settene av korte støttestenger 5 kan derfor byttes ut med ett enkelt sett av støttestenger 5' med samme lengde som den ferdig sammenstilte størrelsen til stabelen, dersom denne størrelsen ikke forventes å endre seg. Slike stenger er vist i figurene 8a og 8c. I alle figurene 8a, 8b og 8c står pinnemottakerne 6 gjennom og rager ut fra både over-

og undersiden av PCB 3 (selv om det nedre partiet ikke er vist), og muliggjør med det bruk av enten de lange 5' eller korte 5 stengene deri. I figur 8a blir de respektive skålene 3 koblet sammen ved enkeltvis og manuelt å sette inn stengene 5' med full stabellengde (150mm) fritt gjennom en linje av pinnemottakere 6, og deretter festet i hver ende etter at alle stengene 5' er satt inn. I figur 8c blir stengene 5' med full stabellengde loddet inn på PCB 35 som tjener som topplate i den ene enden, hvorefter hver skål 3 så blir ført inn på stabelen 1 fra den åpne enden og skjøvet opp tett mot naboskålen før stabelkoblings-PCB-kortet 36 som innbefatter en 20-veis konnektor 37 blir festet.

Forskjellige varmeledeplatesystemer ifølge oppfinnelsen og innrettet for å bidra til å redusere kryssaktivering av hydrogenproduserende elementer vil nå bli beskrevet med støtte i figurene 10 til 17. Disse systemene kan alle bli anvendt i en pyrolytisk hydrogen-generator ifølge oppfinnelsen, og som er lastet, i bruk, med hydrogenproduserende materiale. Systemene er imidlertid spesielt egnet for en hydrogengenerator basert på termisk nedbrytning av ammoniakkboran, og spesielt de hvor det er et krav til varme-regulering, for eksempel der hvor det er høy produksjonsrate og/eller større lagringskapasitet. For eksempel forventes styring av overskuddsvarme å være nødvendig i brenselcelleanvendelser med effektkrav på 15W eller mer, eller i anvendelser ikke knyttet til brenselceller hvor en gjennomsnittlig hydrogenproduksjonsmengde på rundt 0,1-0,2 slpm (standard liter per minutt) eller mer er påkrevet.

Figurene 10a og 10b viser disse to alternative varmeledeplatesystemer 40, 42, begge sammenhengende gitteranordninger med syv celler innrettet for å sitte rundt en gruppe av syv papp-pelletsholdere 44 på en skål (ikke vist), for eksempel som vist i figur 3 over, og som inneholder ammoniakkboranpellets. I begge tilfeller vil de bli anvendt med pelletsholdere 44 av papp med kun utovervendte huller eller åpninger. Disse kan være spredt over en smal vinkel (f.eks. opptil 50°), som vist i de syv pelletsskålene vist i figur 2 over, eller kan være anordnet vertikalt over hverandre og posisjonert med en spesifikk vinkel, som vil bli beskrevet i forbindelse med figurene 11b og 11c nedenfor. Utførelsen med nestede celler (celler avgrenset av et hus innenfor en celle avgrenset av ledeplate-elementer) gir fleksibilitet i hvordan gasstrømningen styres.

I hvert sammenhengende ledeplatesystem omgir et sentralt nav 46 den midtre pelletsholderen med vinger 48 som strekker seg radially og symmetrisk utover og er koblet til en ytre ring 50. I hvert system er veggene i navet og vingene ikke-porøse (dvs. har ingen gjennomgående åpninger) mens veggene i den ytre ringen er porøse (dvs. har gjennomgående åpninger - med en bredde på fortrinnsvis minst 1mm); med "porøs" inkluderes perforeringer, spalter, slisser, netting eller hvilke som helst andre passende

huller, innsnitt etc. De ytterste pelletsene vil bli brent før den midtre pelleten. De ikke-porøse veggene vil tilnærmelsesvis hindre gjennomgang av varm gass eller partikkelmateriale på tvers (sideveis) fra en celle til tilstøtende celler i den ytre ringen eller innover mot den midtre pelletsholderen. Dette reduserer potensialet for kryssaktivering som kan resultere i tap av effektivitet eller, ganske visst, varmeflukt til tilstøtende pellets. De porøse ytre ringveggene, som for eksempel kan være perforert, slisset, spaltet, dannet av netting, eller porøse på annen måte, i kombinasjon med de utoverventilerende pelletsholderne, lar i seg selv varme gasser ventileres utover og vekk fra pelletsene.

I figur 10a er eikene koblet til et sirkulært, ytre ringformet ledeplateelement 50, mens i figur 10b disse er erstattet av et ledeplateelement 50' med en stjerneformet periferi. Sistnevnte utforming er foretrukket ved at den har et større overflateareal og har et død-volum 52 inne i cellene som kan romme restprodukter. (Ved bruk av ammoniakkboran kan restprodukter fra skumdannelse fra den nedbrutte pelleten skape problemer.)

Ledeplatesystemet er laget av et (fortrinnsvis lett) ledende materiale, som er ikke-reaktivt i hydrogengeneratorens atmosfære og vanligvis metallisk; eksempler inkluderer aluminium, kobber eller titan eller legeringer av disse. I dette tilfellet ble nav og vinger av aluminiumsfolie og ytre ringer av en aluminiumsnetting anvendt. De metalliske eikene, navene og de ytre ledeplateelementene tjener alle til å lede bort varmen fra en pellet som brenner og bortskaffe denne varmen over et mye større areal, og således minimere heteflekker. Bruk av en nettingformet ytre ring er spesielt foretrukket siden nettingens store overflateareale er spesielt effektivt i å kjøle ned gassene som går gjennom dets åpninger, samt i å lede gasser utover.

Begge systemene kan være like høye eller større enn pelletsholderne og kan være stive nok til å støtte lag av pellets i stabelen og sørge for korrekt separasjon mellom lag mens de presses sammen. Ledepateelementene hindrer også sideveis bevegelse av holderne i deres relative posisjoner, noe som er spesielt fordelaktig når holderne ikke er festet til skålen på annen måte.

Figurene 16a og 16b er fotografier som viser henholdsvis i perspektiv og ovenfra et alternativt ledeplatesystem med gassperrende og gassventilerende ledeplateelementer. Mens ledeplatesystemet i figur 10 var dannet av varmeledende, gassperrende og gassventilerende ledeplateelementer, er i dette ledeplatesystemet de gassperrende ledeplateelementene laget av papp og anordnet inne i det sirkulære, nettformede ytre gassventilerende ledeplateelementet 40, som ble anvendt i utførelsesformen i figur 10a.

Figurene 11a til 11f viser en rekke forskjellige alternative varmeledesystemer for en skål med 19 pelletsholdere der en midtre pelletsholder er omgitt av en ytre ring med

seks pelletsholdere 54 av samme størrelse og ringen igjen er omgitt av en suksessiv ytre ring med tolv større pelletsholdere 56. Figurene 11b og c viser de samme ledeplate-systemene henholdsvis som figurene 10a og b, men nå installert i en anordning for 19 pellets.

5 Det er funnet fordelaktig å anvende gradvis større pellets i suksessive ytre ringer i en gruppe bestående av flere ringer. For eksempel, i en skål for 19 pellets med to konsentriske ringer, uavhengig av ledeplatesystemet, dersom pellets av samme størrelse blir anvendt over alt og pelletsene i midten er for store, vil varmeutmatningen trigge kryss-aktivering. Slike større pelletsstørrelser er imidlertid akseptable i de ytre ringene hvor  
10 pelletsene ligger lengre fra hverandre, slik at pakkingstettheten kan maksimeres uten kryssaktivering. I dette tilfellet utløste derfor bruk av 19mm pellets over hele skålen kryssaktivering i midten, mens 16mm pellets over hele skålen var akseptabelt. Det ble imidlertid funnet at bruk av 18mm pellets i den ytre ringen sammen med 16mm pellets i midten også var akseptabelt, og maksimerte pakkingstettheten.

15 Pelletsholderne er alle forsynt med en vertikal søyle av ventileringshuller 70 (tilsvarende de vist i figur 14a) som muliggjør retningsbestemt ventilering kun i en spesifikk vinkel 72 og ventileringshullene er alltid vent mot døde (tomme), utenforliggende rom 74. I tillegg er ventileringshullene i de innenforliggende pelletsholderne alltid anbragt i mellom-rommet 76 mellom par av tilstøtende pelletsholdere i den neste utenforliggende ringen.

20 I hver figur er ventileringsretningen til hver pelletsholder angitt av markeringer 72. I alle anordninger er ledeplatesystemet en sammenhengende gitteranordning. Ledepatelementene i systemet kan alle være ikke-porøse (som definert over) og således hindre sideveis ventilering og bevirke til at gass blir ventilert ut vertikalt, eller kan alle være betydelig porøse, i hvilket tilfelle ventileringen vil følge retningsbestemtheten innbygget i  
25 pelletsholderne selv om gass også vil bevege seg i andre sideveis retninger. Imidlertid er fortrinnsvis alle de radialt utoverstående ledeplateelementene ikke-porøse, dvs. har massive vegger uten gjennomgående åpninger, mens de ytre ringformede ledeplateelementene alle er betydelig porøse.

30 Siden den indre ringen av pellets er tettere pakket og mer utsatt for kryssaktivering, kan det bare være nødvendig og ønskelig (av vektgrunner) å anvende et ledeplatesystem rundt de indre pelletsringene. Anordningene i figurene 11e og 11f tilveiebringer imidlertid ledeplatesystemene med de største termiske massene og således den beste evnen til å flytte og bortskaffe varme for å hindre kryssaktivering.

## Eksempel

Eksperimenter ble utført på pelletsskålanordningen i figur 11b, med og uten den sirkulære ledeplatekonstruksjonen 50. Skålen innlemmet 18mm pellets rundt periferien og en innvendig ring av 16mm indre pellets og én enkelt midtre pellet. I begge eksperimentene ble testgeneratoren anvendt med tilbakefylling av hydrogen (10bar) og kondisjonert til 40°C for å simulere den høyere lagrings-/arbeidstemperaturen i generatoren. Initieringssekvensen besto av nedbrytning av 18mm pellets rundt periferien og så antenning av det indre pelletslagene.

Kryssaktivering av de indre pelletsene finner sted som følge av (i) konveksjon av varme gasser fra pellets som brytes ned fra den ytre ringen, og (ii) ledning av varme fra brenning av den indre ringen av pellets som følge av den tettere pellets plasseringen sammenliknet med den ytre ringen.

Aluminiumsnetting-ledeplaten 50 løser begge kryssaktiveringsscenarioer ved å diffundere/avkjøle varme gasser fra den ytre ringen (et temperaturfall på 50°C over ledeplaten er observert) og den massive separatoren (eiker) tjener som en fysisk barriere mot sideveis gasstrømning. Bruk av ledeplaten resulterte i null kryssaktivering av den indre pelletsringen, sammenliknet med totalt 28% kryssaktivering av indre pellets uten ledeplaten (eller totalt 18% kryssaktivering av pellets, av alle pelletene på skålen).

Figurene 12a og 12b viser to ytterligere varmeledeplatesystemer for en skål med 19 pelletsholdere. Skålene omfatter også her en midtre pelletsholder og to konsentriske ytre ringer av pelletsholdere, der den ytterste ringen inneholder større pelletsholdere, med et ledeplatesystem kun anordnet rundt den midtre pelletsholderen og den neste tilstøtende utenforliggende ringen. Disse systemene er raske og enkle å sammenstille og involverer bruk av et periferisk forløpende ledeplateelement 80 omfattende en nettingring, og segmenterte, halv-sekskantede ledeplateelementer 82 med massive vegger, som alle slippes ned på plass. Dette er vist i figur 13, som er en skjematisk perspektivtegning av komponentene i varmeledeplatesystemet i figur 12 b.

Pelletsholderne er nummerert kun for å lette identifisering; nummereringen antyder ikke brennsekvensen.

Igjen er alle pelletsholderne forsynt med en vertikal søyle av ventileringshuller (tilsvarende de vist i figur 14a) som gir retningsbestemt ventilering kun i en spesifikk vinkel, som vist av radiene 84 som går ut fra midten av hver pelletsholder. I begge anordningene er ventileringshullene alltid rettet mot døde (tomme) rom 86. Videre er ventileringshullene i de innvendig anbragte pelletsholderne alltid posisjonert i mellomrommene 88 mellom par av tilstøtende pelletsholdere i den neste utenforliggende ringen. I figur 12a sees således den

indre pelletsholderen 17 å ventilere ut mot det tomme rommet mellom de utenforliggende pelletsholderne 10 og 11. De sistnevnte ytterste pelletsholderne ventilerer også mot utenforliggende døde rom.

I figur 12a er de segmenterte ledeplateelementene anordnet symmetrisk, med radialt utoverstående andeler. Dette gir den fordel at to tykkelser av ledeplateelementer ligger langsmed hverandre mellom tilstøtende celler i den indre ringen. Imidlertid vil eventuelle rester etter skumdannelse også drives rett inn på det nettingformede ledeplateelementet, noe som kan forårsake blokkering av nettingen. I figur 12b er de halve sekskantene orientert på forskjellig måte slik at det skapes asymmetriske døde områder 90 inne i cellen (tilstøtende åpningene i de ytre pelletsholderne) og ventileringen fra den indre ringen av pelletsholdere er alternerende (heller enn rent radial) slik at utluftingen peker mot det døde rommet, og med det minimerer blokkering av nettingen i det nettingformede ledeplateelementet. I figur 12b sees således pelletsholderen 17 å ventilere mot det tomme rommet 88 mellom utenforliggende pelletsholdere 11 og 12.

I en typisk brennsekvens blir de ytre pelletsene i alminnelighet brent før indre pellets, selv om en indre pellet kan bli brent straks det utenforliggende, tilstøtende paret av pellets er brent. I figur 12a, når pelletsholderne 10 og 11 er brent, kan derfor pellet 17 bli brent, ettersom den kun vil ventilere mot allerede brente pellets.

Figurene 14a og 14b viser et alternativt varmeledeplatesystem for en skål med 19 pelletsholdere tilsvarende den i figur 9 over. Figur 14a er en perspektivtegning av hele skålen, men viser skjematisk kun en andel 92 av ledeplatesystemet, mens figur 14b viser tre tilstøtende celler som dannes av ledeplatesystemet, hver inneholdende en sirkulær pelletsholder. I denne skålen er pelletsholderne tett pakket i et sekskantmønster har alle samme størrelse. De er atskilt av et sekskantet, bikake-type, forhåndslaget ledeplatesystem av ekstrudert metall, for eksempel ekstrudert (ekspandert) aluminium. Slike metalliske bikakestrukturer er tilgjengelig med en rekke forskjellige cellestørrelser og cellehøyder. De er lette og fleksible samt raske og enkle å installere siden de kolliderer/ekspanderer som et trekkspill og kan bli anvendt over en del (f.eks. midtre andel) eller hele gruppen. De kan også gi stivhet og strukturell støtte for en stabel av pelletsskåler, og med det hindre defleksjon av stabelen under slag og/eller vibrasjon. Bikakecellenes høyde kan velges for å sørge for korrekt separasjon mellom tilstøtende pelletsskåler i stabelen. Det metalliske ledeplatesystemet tilveiebringer igjen et varmesluk for å kjøle ned gass som forlater en pellet og flytte denne varmen, og dersom bikaken har massive vegger, fysisk hindrer at sideveis varm gassrøyk kryssaktiverer pellets i feil rekkefølge. Sammenfoldbare

bikakestrukturer laget av isolerende materiale er også alminnelig tilgjengelig og kan bli anvendt.

Selv om bikaken normalt vil ha massive (ikke-porøse) vegger for å minimalisere sideveis sirkulering av gass, kan den være perforert, spaltet eller slisset, etc. I denne utførelsesformen var bikaken perforert og retningsbestemtheten for gasstrømningen ble styrt 5 utelukkende av de utoverventilerende luftekanalene i pelletsholderne som, i dette tilfellet, var en søyle 70 av huller linjeført vertikalt over hverandre bare i en bestemt vinkel/ett punkt på holderens periferi. Det vil forstås at luftekanalene på innvendig anordnede pelletsholdere er linjeført slik at de lufter ut mot mellomrommet mellom tilstøtende nabopar 10 av utenforliggende pelletsholdere.

### **P a t e n t k r a v**

1. Pyrolytisk hydrogengenerator omfattende en gruppe av hydrogenproduserende elementer anordnet side om side og atskilt fra hverandre i celler av skillevegger forsynt med  
5 retningsbestemt ventilering utformet for å la gasser slippe ut sideveis kun i utovergående retninger i forhold til sentrum av gruppen.
2. Pyrolytisk hydrogengenerator ifølge krav 1, omfattende et styresystem som styrer igangsettelse av pyrolyse av de hydrogenproduserende elementene i en sekvens som  
10 minimerer eller unngår ventilering av hydrogenproduserende elementer utover mot ubrente, tilstøtende hydrogenproduserende elementer.
3. Pyrolytisk hydrogengenerator ifølge krav 1 eller krav 2, der den retningsbestemte ventileringen er anordnet for å lede utgående gasser og eventuelle utgående  
15 avfallsprodukter mot tilstøtende, utenforliggende tomme rom.
4. Pyrolytisk hydrogengenerator ifølge krav 3, der den retningsbestemte ventileringen for innvendig anbragte hydrogenproduserende elementer i gruppen er anordnet for å lede utgående gasser og eventuelle utgående avfallsprodukter mot mellomrom mellom  
20 nærliggende, utenfor anbragte hydrogenproduserende elementer.
5. Pyrolytisk hydrogengenerator ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 4, der de hydrogenproduserende elementene omfatter én eller flere pellets av hydrogenproduserende materiale og skilleveggen omfatter separate hus som omgir pelleten/pelletsene, der husene  
25 kun har utovervendte ventileringer.
6. Pyrolytisk hydrogengenerator ifølge krav 5, der husene i tillegg er omgitt av et system av ledeplater som forløper mellom dem og deler dem inn i et ytterligere sett av enkeltceller.  
30
7. Pyrolytisk hydrogengenerator ifølge krav 6, der ledeplatene avgrenser celler som inneholder respektive tomme rom beliggende utenfor og tilstøtende husene.

- 8.** Pyrolytisk hydrogengenerator ifølge krav 7, der de utovervendte ventileringene i husene er anordnet for å lede utgående gasser og eventuelle utgående avfallsprodukter mot de respektive tomme rommene inne i ledeplatene.
- 5 **9.** Pyrolytisk hydrogengenerator ifølge krav 6 eller krav 7, der ledeplatene er betydelig porøse slik at det meste av deres overflateareal lar gasser ventilere fritt derigjennom.
- 10.** Pyrolytisk hydrogengenerator ifølge krav 8, der ledeplatene er dannet som en sammenhengende gitteranordning.
- 10 **11.** Pyrolytisk hydrogengenerator omfattende en gruppe av hydrogenproduserende elementer anordnet side om side og et system av ledeplater som strekker seg mellom de tilstøtende hydrogenproduserende elementene og deler dem inn i enkeltceller, der systemet omfatter gassperrende ledeplateelementer og gassventilerende ledeplateelementer, hvilke
- 15 elementer styrer sideveisretningen til ventilerte gasser.
- 12.** Pyrolytisk hydrogengenerator ifølge krav 11, der de gassperrende og gassventilerende ledeplateelementene er laget av et varmeledende materiale.
- 20 **13.** Pyrolytisk hydrogengenerator ifølge krav 11 eller krav 12, der systemet av ledeplater deler inn de hydrogenproduserende elementene i to eller flere tilstøtende, suksessivt innenforliggende områder av celler, i forhold til sentrum av gruppen.
- 14.** Pyrolytisk hydrogengenerator ifølge krav 13, der alle cellene i ett av nevnte områder
- 25 omfatter gassperrende ledeplateelementer som hindrer sirkulasjon av varme gasser mellom tilstøtende celler i nevnte område.
- 15.** Pyrolytisk hydrogengenerator ifølge krav 13 eller krav 14, hvor alle cellene i ett av nevnte områder omfatter gassventilerende ledeplateelementer som lar varme gasser
- 30 ventileres utover fra nevnte område av celler, i forhold til sentrum av gruppen.

Fig.1.

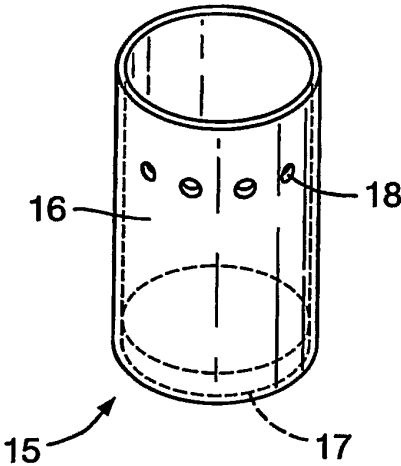
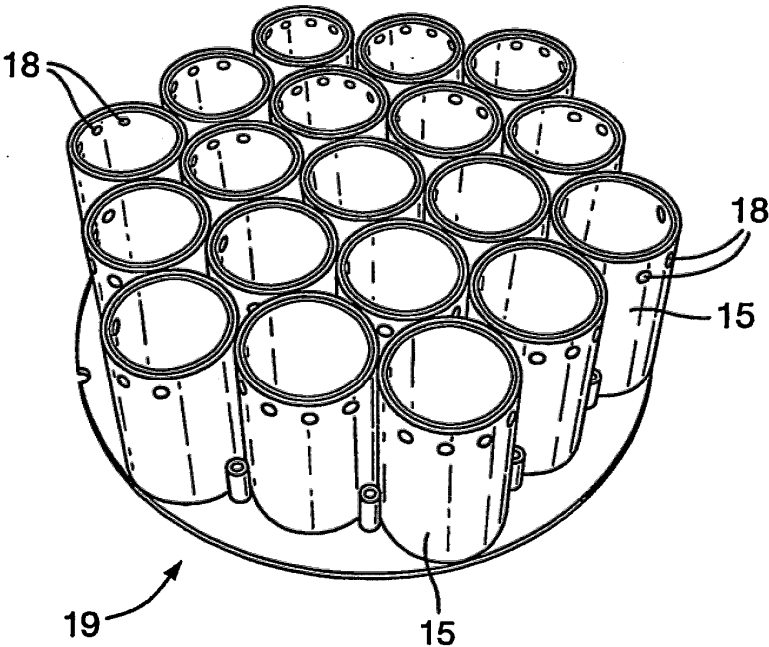


Fig.9.



**Fig.2.**

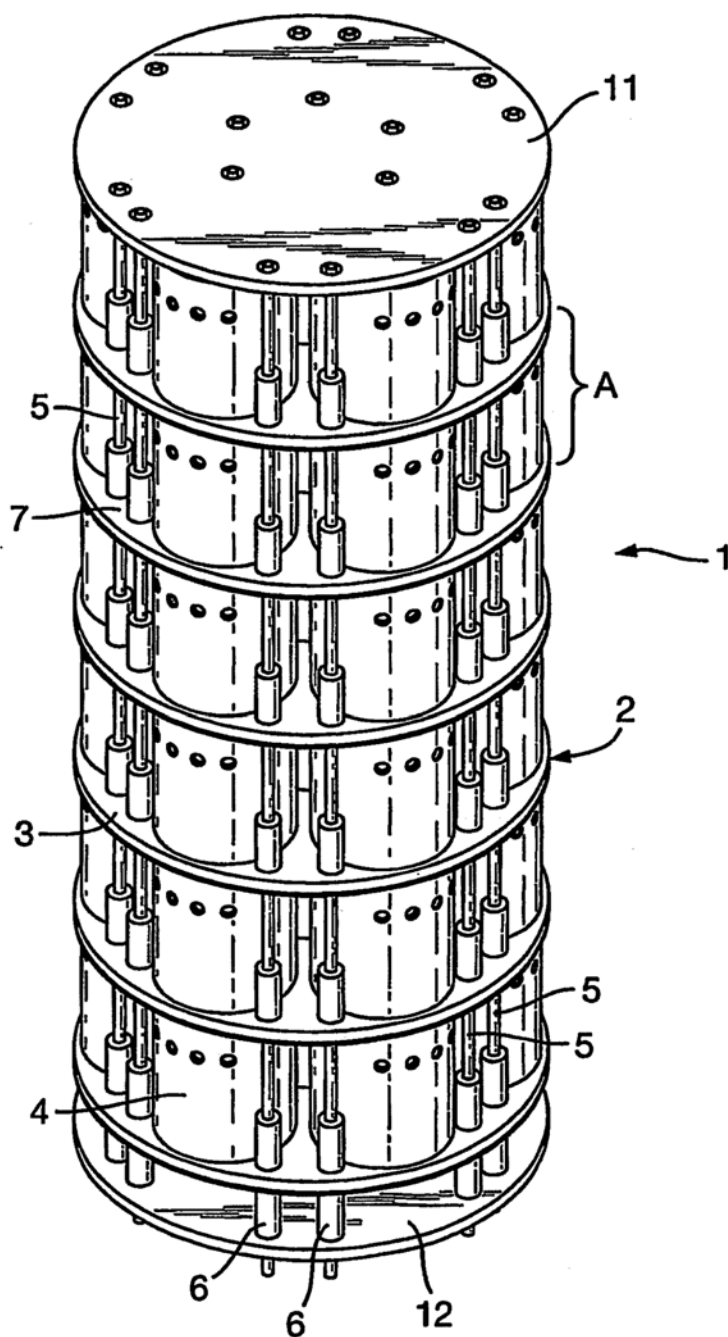


Fig.3.

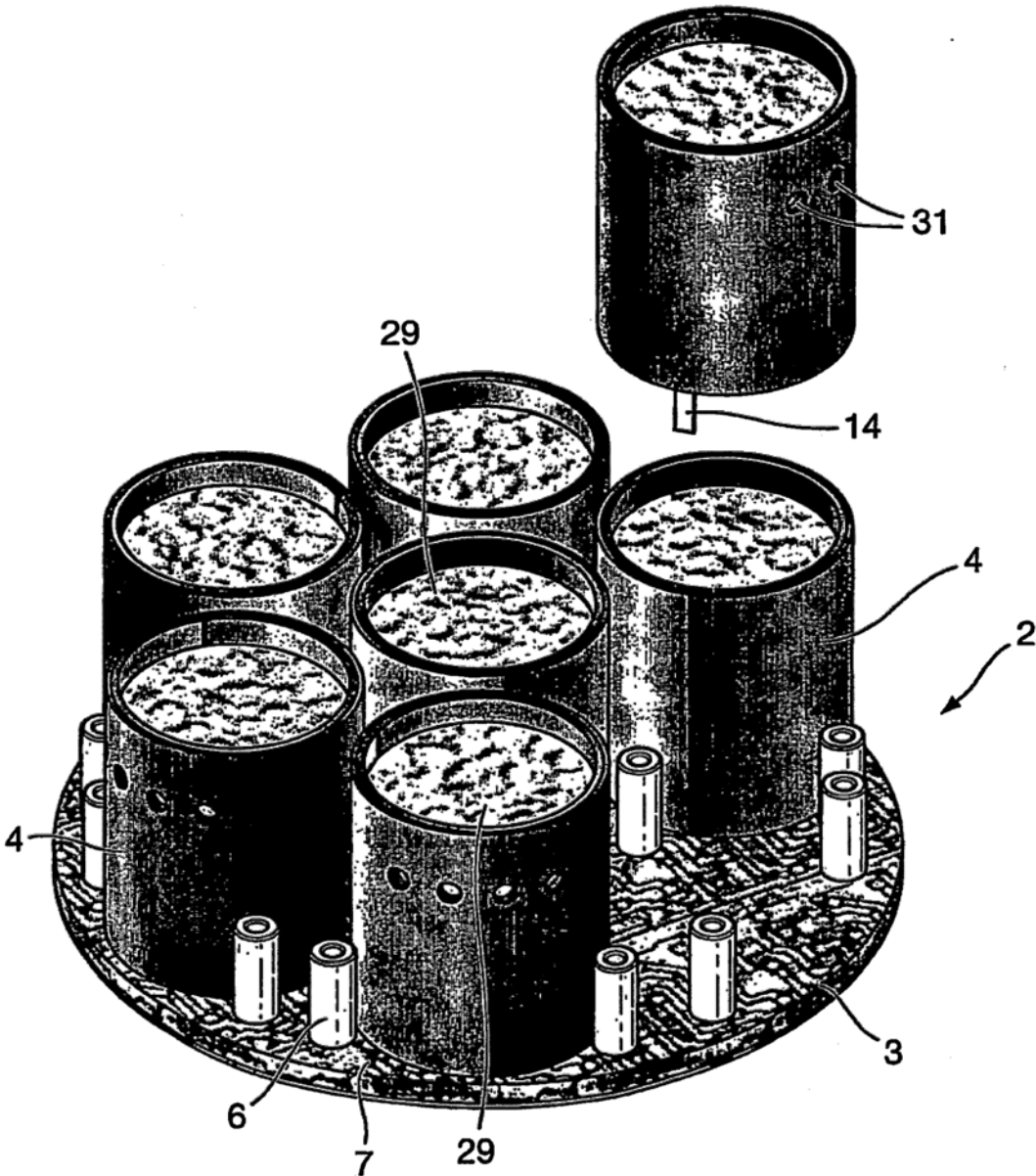


Fig.4.

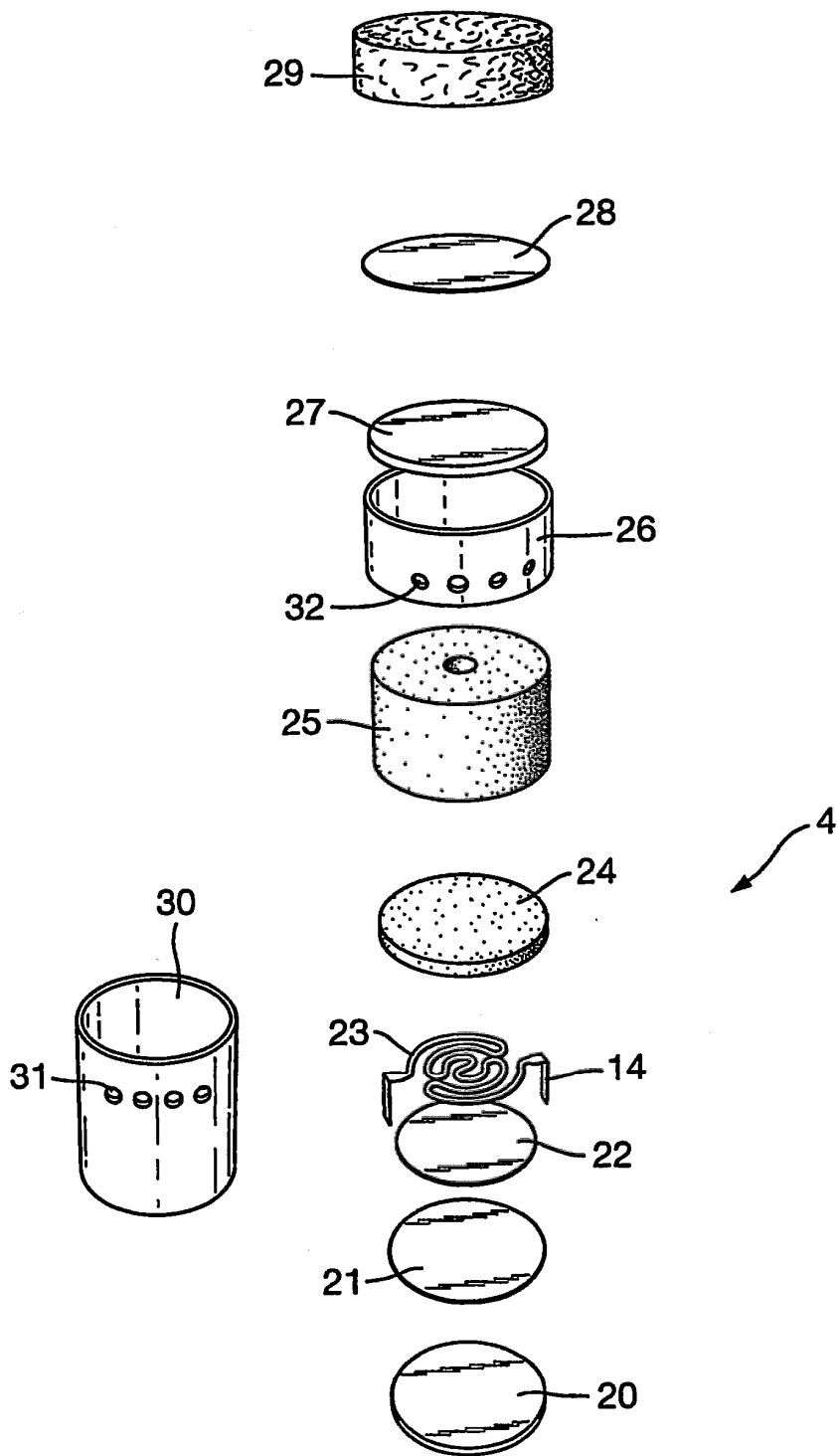


Fig.5a.

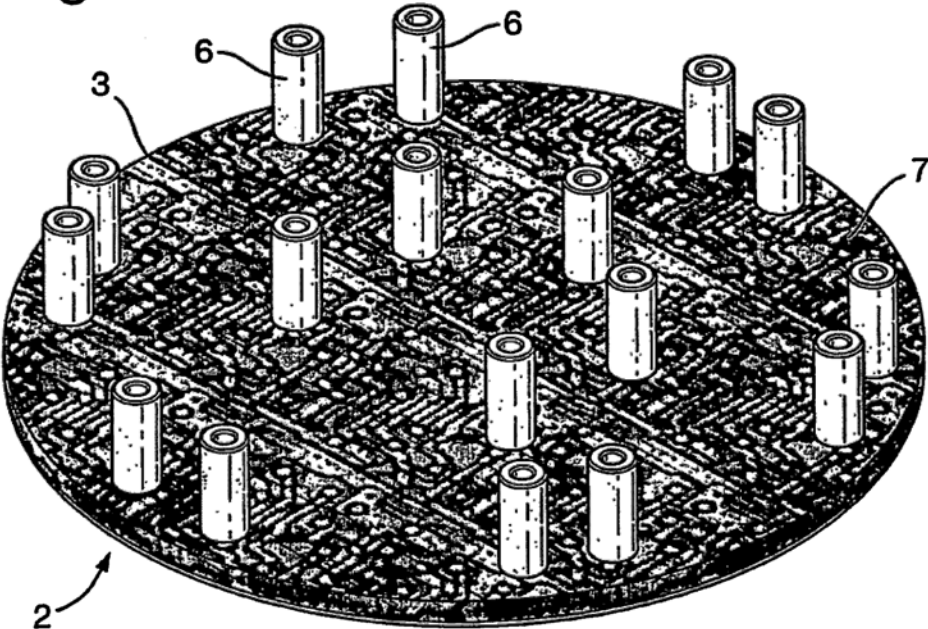


Fig.5b.

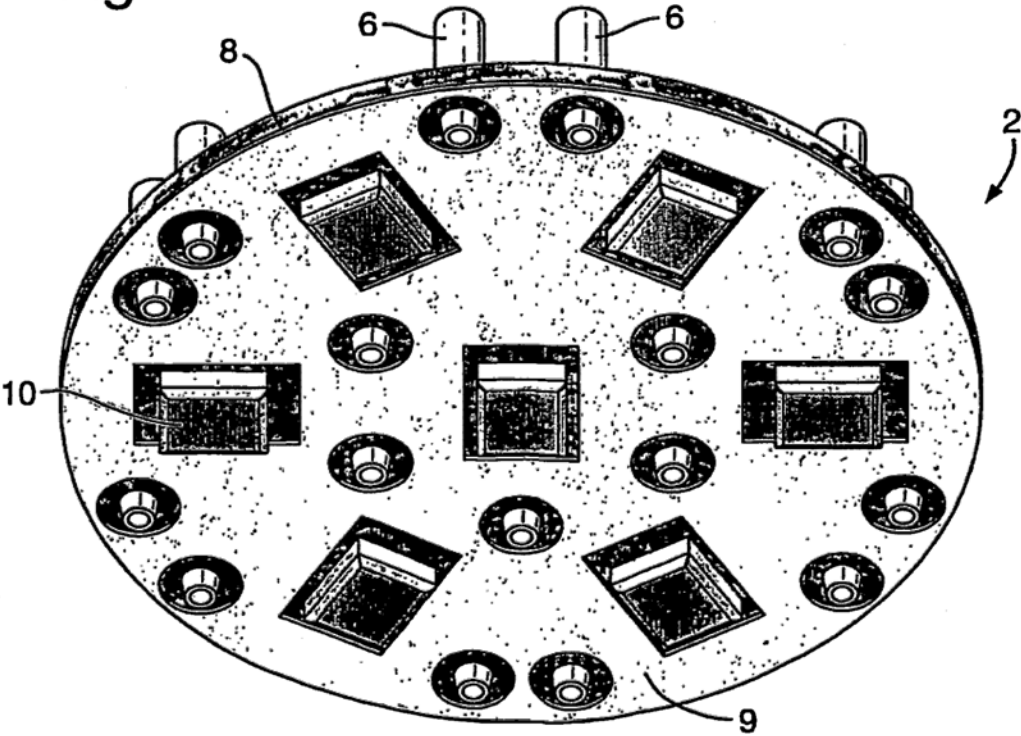


Fig.6.

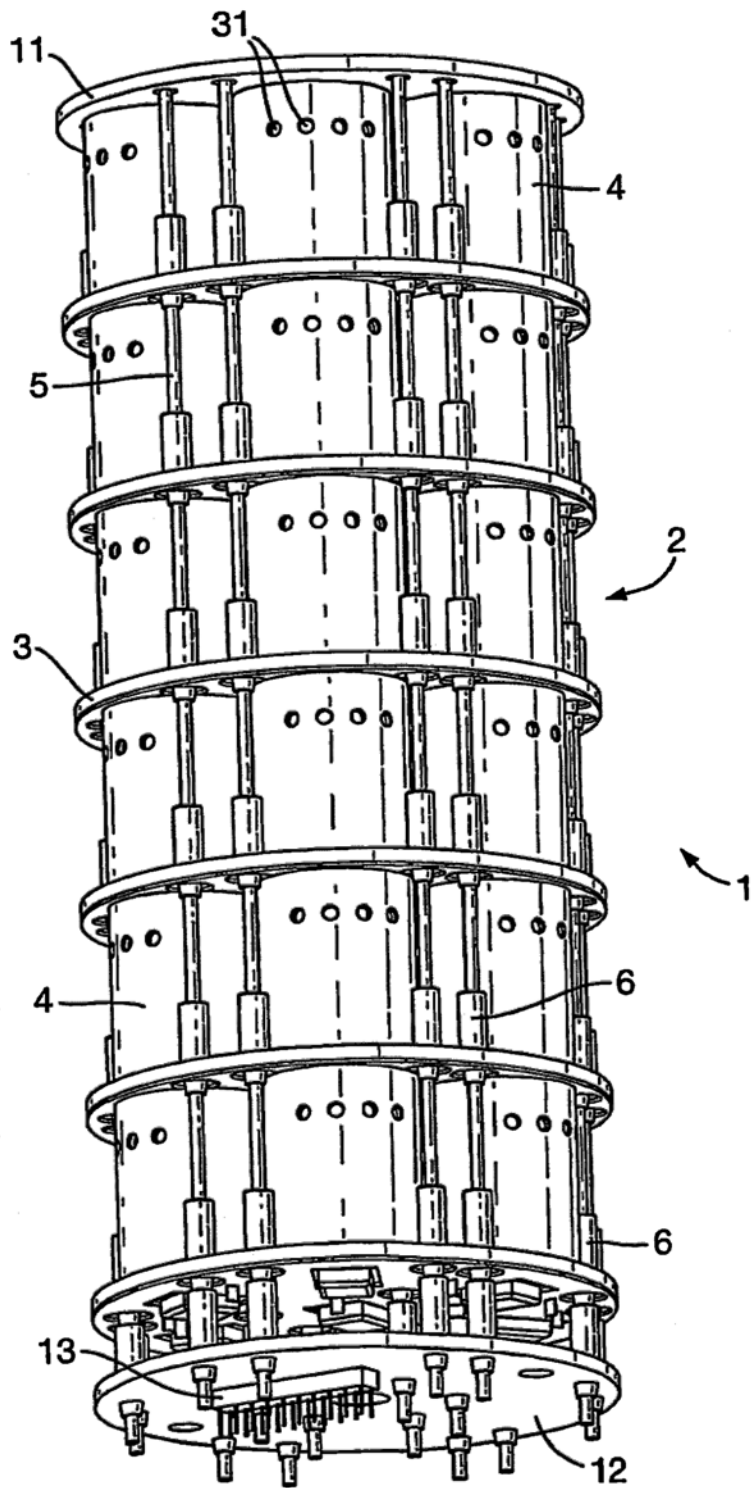


Fig.7a.

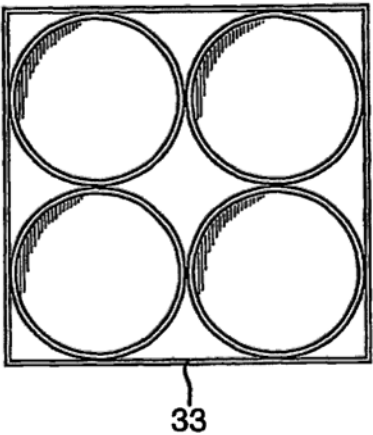


Fig.7b.

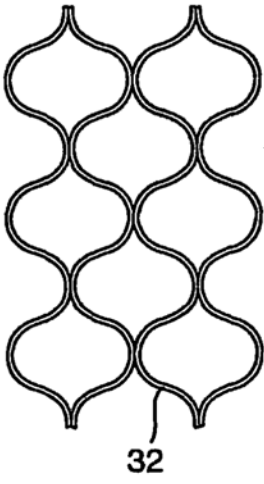


Fig.8a.

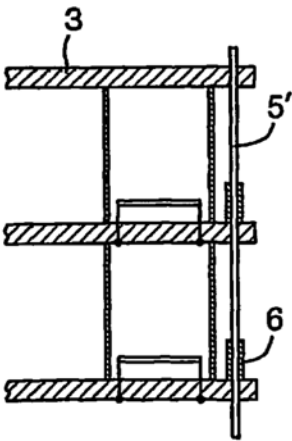


Fig.8b.

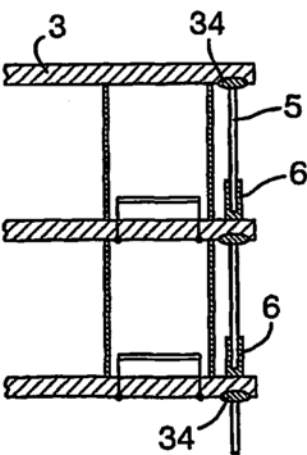


Fig.8c.

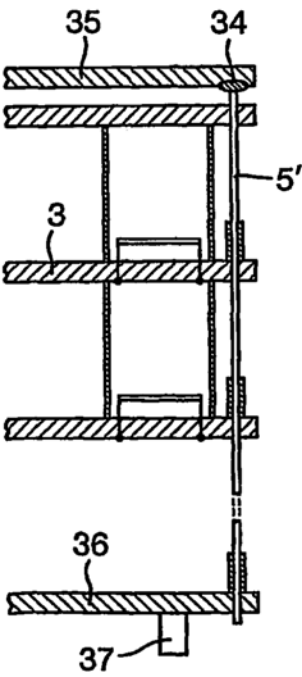


Fig.10a.

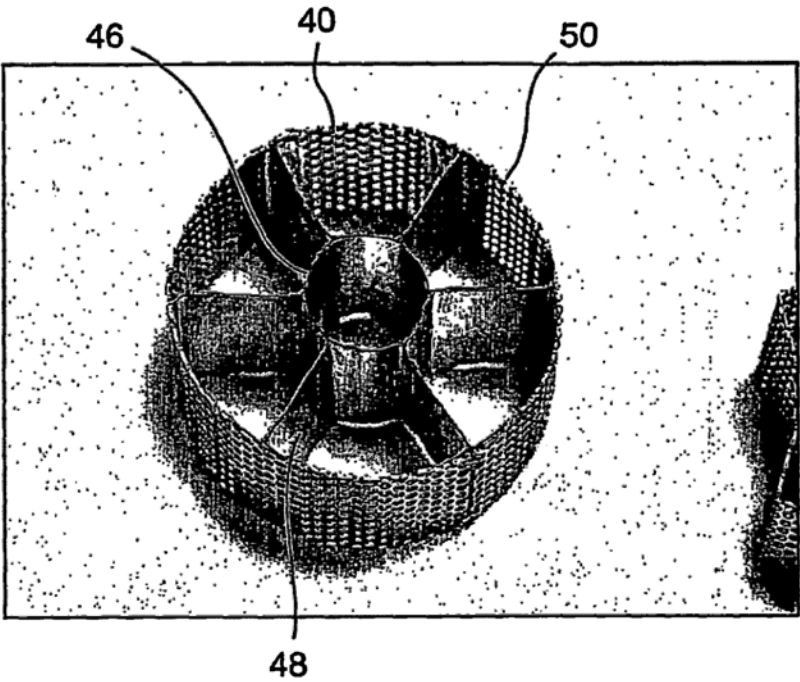


Fig.10b.

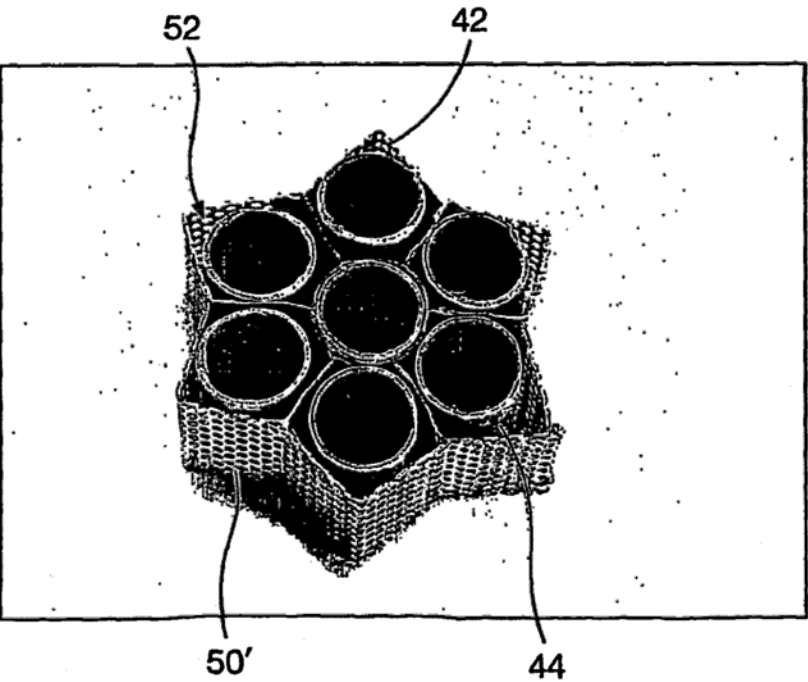


Fig.11a.

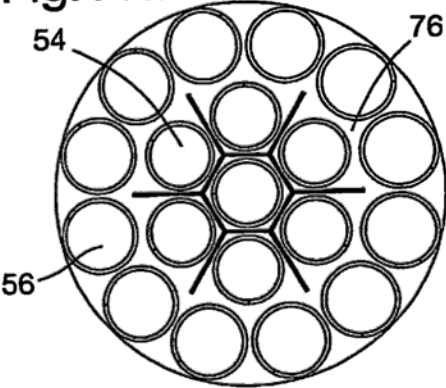


Fig.11b.

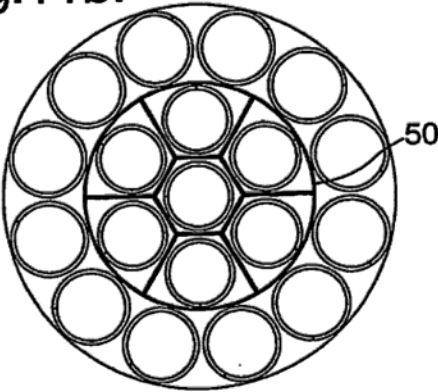


Fig.11c.

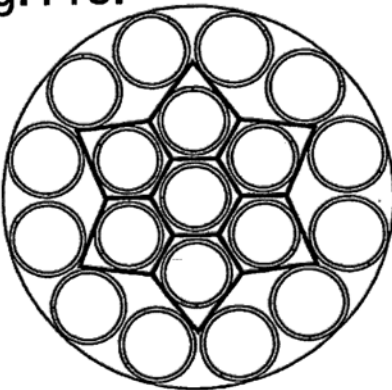


Fig.11d.

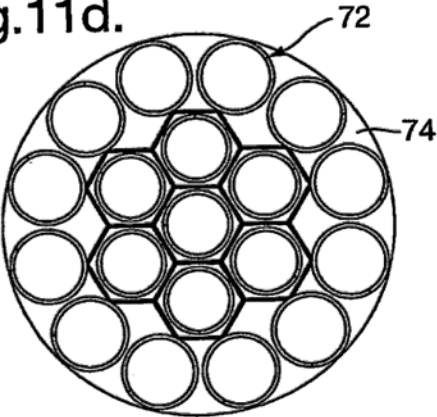


Fig.11e.

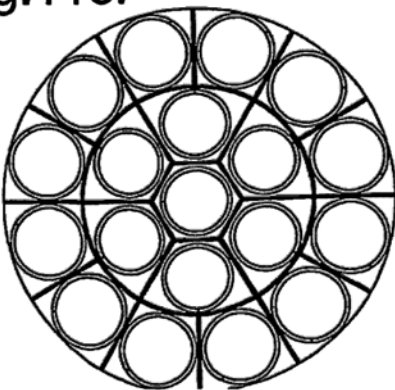


Fig.11f.

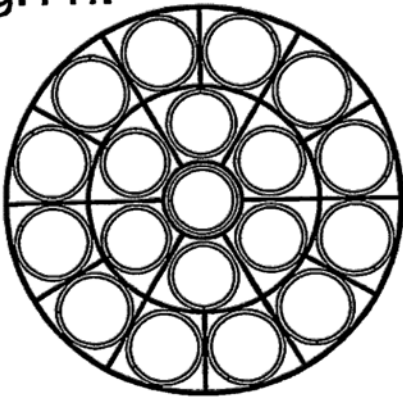


Fig.12a.

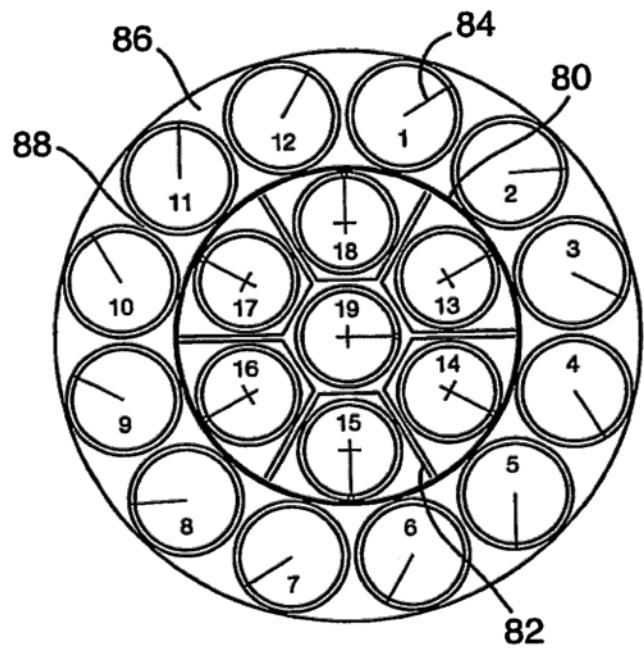


Fig.12b.

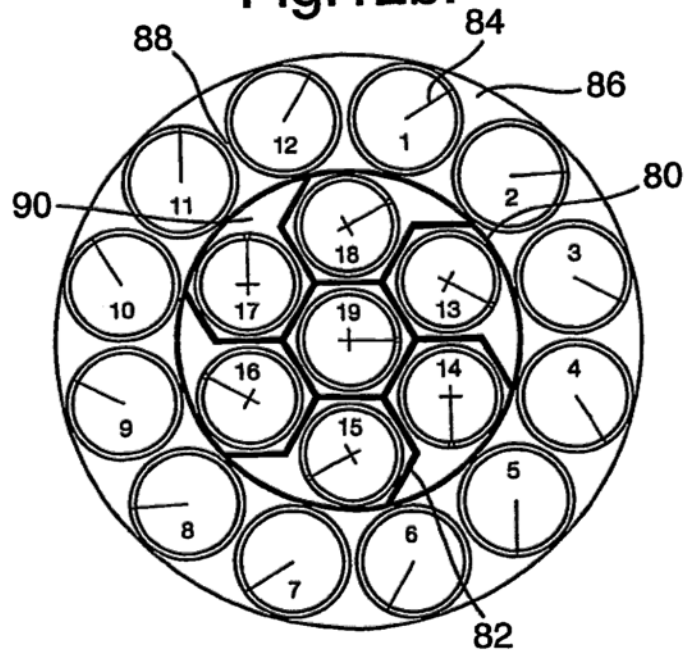


Fig.13.

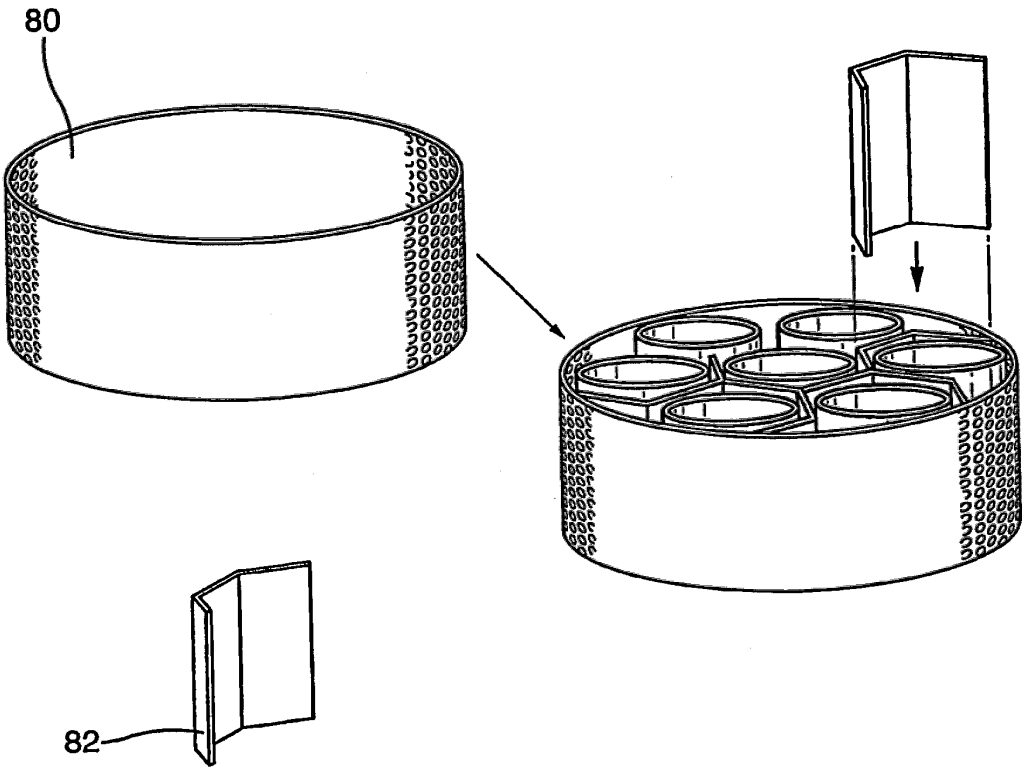


Fig.14a.

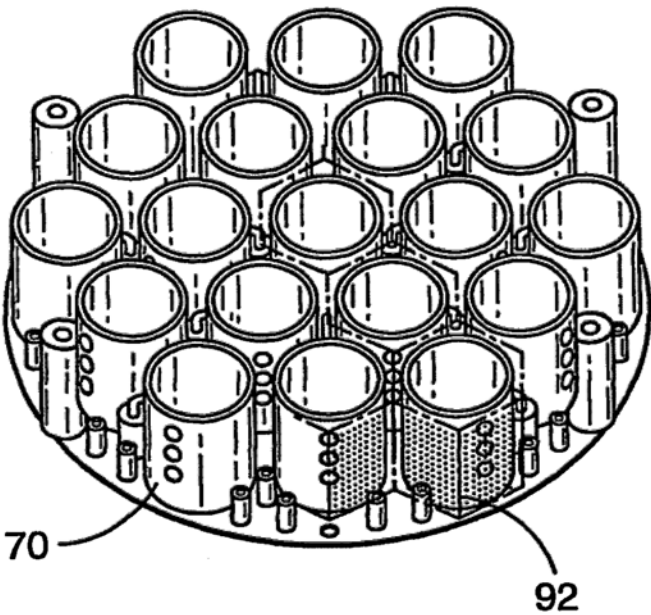


Fig.14b.

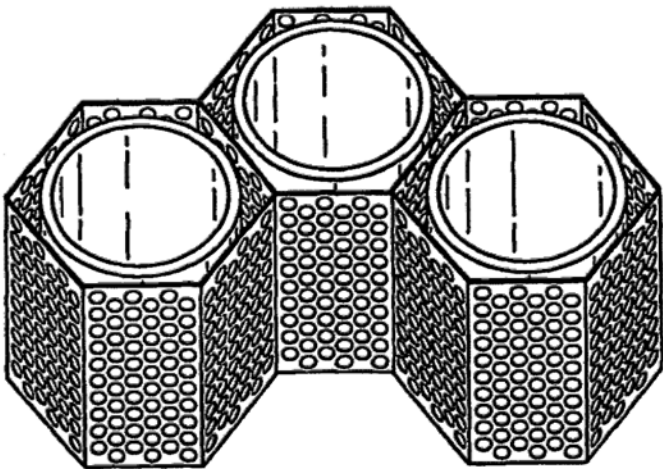


Fig.15.

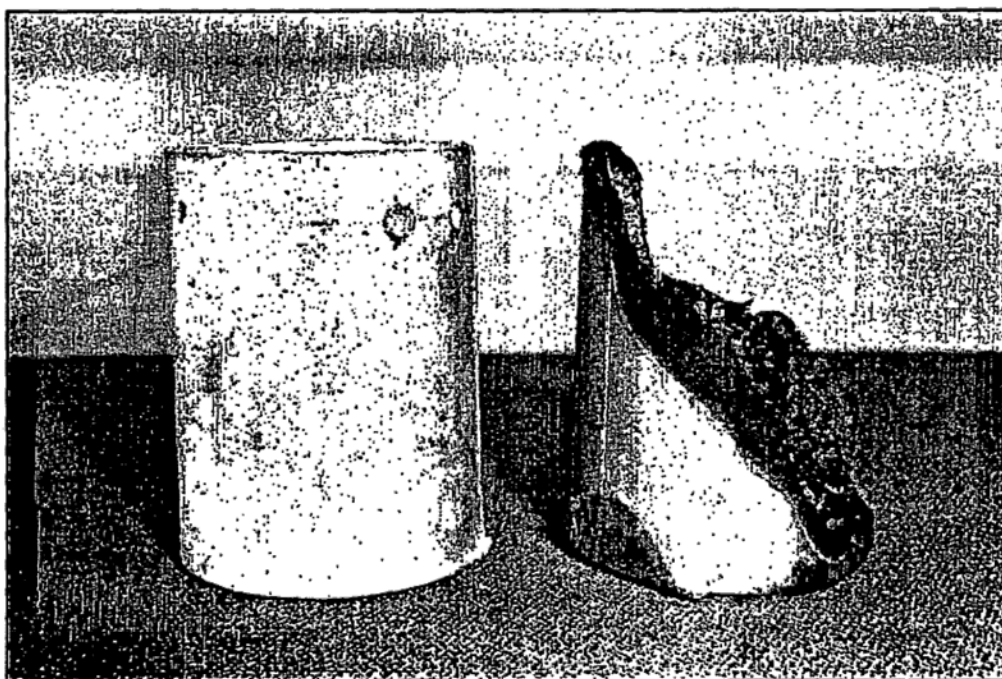


Fig.16a.

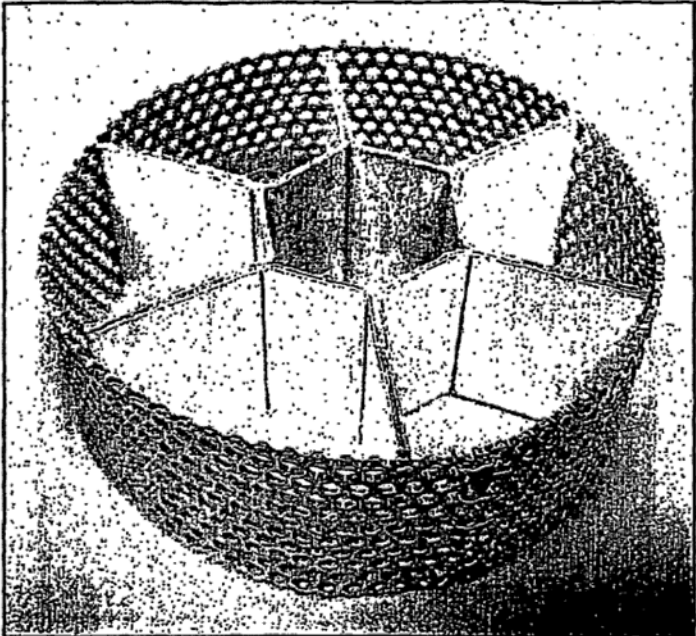


Fig.16b.

