



SUOMI – FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN



FI000123262B

(12) PATENTTIJULKAISU PATENTSKRIFT

(10) FI 123262 B

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats

15.01.2013

(51) Kv.lk. - Int.kl.

G21C 15/02 (2006.01)
G21C 3/322 (2006.01)
G21C 7/10 (2006.01)
G21C 15/243 (2006.01)

(21) Patenttihakemus - Patentansökning

20070966

(22) Saapumispäivä - Ankomstdag

12.12.2007

(24) Tekemispäivä - Ingivningsdag

12.12.2007

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

23.06.2008

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet

22.12.2006 US 11/644485 P

(73) Haltija - Innehavare

1 • Global Nuclear Fuel-Americas LLC, 3901 Castle Hayne Road, M/C A11, WILMINGTON, NC 28401, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 • Aktas, Birol, Wilmington, NC 28405, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)
2 • Clark, Carlton W., Wilmington, NC 28409, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)
3 • Russell, William Earl II, Wilmington, NC 28405, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(74) Asiamies - Ombud

Kolster Oy Ab, Iso Roobertinkatu 23, 00120 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

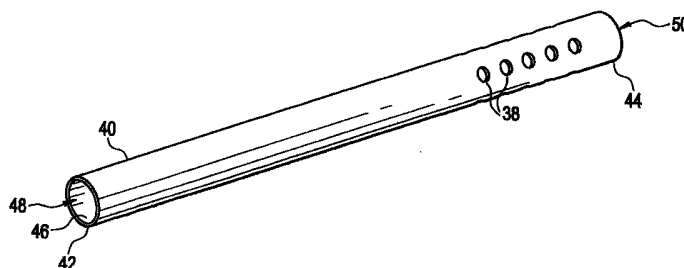
Säätösauvan ohjausputki
Styrrör för en reglerstav

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

EP 0423382 A1, DE 10301351 A1, JP 1038691 A, US 5513233 A

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Säätösauvan ohjausputket ydinreaktorille, jonka rungon aksiaalipituus rungon huomattavassa pituudessa muodostaa alapäätyosuuden ja yläpäätyosuuden ja onkalon. Runon ylä- ja alapäätyosuuksiin on sisällytetty suuaukot. Säätösauvan kammio sijaitsee onkalossa ja on konfiguroitu säätösauvan vastaanottamiseksi. Onkaloon on yhdistetty monta porttia (38) ja ne on sijoitettu huomattavaan pituuteen rungon yläpäätyosuudesta. Onkaloon on myös sisällytetty ainakin kaksi virtauskanavaa, jotka ulottuvat rungon aksiaalipituuden huomattavan osuuden. Kukin virtauskanava on yhdistetty fluidisesti yhteen tai useampaan porteista (38) virtausaineen virtauksen vastaanottamiseksi rungon ulkopuolelta, ja menoaukkoon lähellä rungon yläpäätyosuutta, vastaanotetun virtausaineen virtauksen aikaansaamiseksi.



En styrstavs styrrör för en kärnreaktor som omfattar en stomme med en längdaxel som definierar en nedre änddel och en övre änddel och en hållighet inom en väsentlig längd av stommen. Stommens övre och nedre änddelar innefattar öppningar. En styrstavskammare är belägen i hålligheten och är konfigurerad att motta en styrstav. Ett flertal portar (38) är kopplade till hålligheten och är anordnade på en väsentlig längd från stommens övre änddel. Dessutom är åtminstone två flödeskanaler innefattade i hålligheten vilka sträcker sig på en väsentlig sträcka av stommens axial-längd. Varje flödeskanal är fluidalt förenad med en eller flera av portarna (38) för att motta vätskeflöde från utsidan av stommen och ett utlopp nära stommens övre änddel för att tillhandahålla det mottagna vätskeflödet.

Säätösauvan ohjausputki

Keksinnön ala

Esillä oleva kuvaus koskee ydinreaktoreita ja erityisemminkin säätösauvan ohjausputkia reaktorin sydäimestä poistettujen säätösauvojen tukemiseksi ja jäähdytevirtauksen kanavoimiseksi polttoainetukiin ja polttoainekokoonpanoihin reaktorin sydämessä.

Keksinnön tausta

Selvitykset tässä osiossa aikaansaavat pelkästään esillä olevaan kuvaukseen liittyviä taustatietoja eivätkä ehkä muodosta tunnettua tekniikkaa.

Ydinreaktorin paineastia (RPV) on yleisesti lieriömäistä muotoa ja molemmista päistä suljettu, esim. pohjakupuosalla ja irrotettavalla yläkupuosalla. Yläohjain sijaitsee välin päässä sydänlevyn yläpuolella RPV:ssä. Sydänvaippa, tai vaippa, ympäröi sydänlevyn ja on tuettuna vaipan tukirakenteen toimesta. Vaippa on erityisesti yleistä lieriömäistä muotoa ja ympäröi sekä sydänlevyn että yläohjaimen. Yläohjain sisältää useita aukkoja ja polttoainekokoonpanot viedään sisään aukkojen kautta ja tuetaan sydänlevyn toimesta. Sydänlevy sisältää monen tangon tukeman litteän levyn.

Ydinreaktorin sydän sisältää monta erillistä polttoainekokoonpanoa, joissa on erilaisia sydämen käyttöstrategiaan vaikuttavia ominaisuuksia. Ydinreaktorin sydämessä on esimerkiksi tyypillisesti monta sataa erillistä polttoainekokoonpanoa, joissa on erilaisia ominaisuuksia; kukin polttoainekokoonpano sisältää monta polttoainesauvaa. Polttoainekokoonpanot ovat järjestettyinä reaktorin sydämessä siten, että polttoainekokoonpanojen välinen vuorovaikutus täyttää sääntely- ja reaktorin suunnitteluohjeet ja -rajoitukset. Tämän lisäksi sydänjärjestely määrää kiertojakson energian, joka on reaktorin sydämen generoima energiamäärä ennen kuin sydän on elvytettävä uusin polttoaine-elementein, sydämen täyttöjärjestely optimoi edullisesti sydämen kiertojakson energian.

Sydämen kiertojakso määräytyy reaktorin sydämen yhdestä jaksottaisesta polttoaineen täytöstä reaktorin sydämen polttoaineen toiseen täyttöön kuluvana jaksona. Sydämen energiansaannon muodostavaa ylimääräreaktiivisuutta säädetään kahdella tavalla käyttöjakson kuluessa. Tuoreeseen polttoaineeseen sisällytetään erityisemminkin poltettavaa myrkkyä, esim. gadolinia. Poltettavan myrkyn lähtömäärä määräytyy tyypillisesti käytön ja kansallisen sääntelykomitean (NRC - National Regulatory Commission) asettamien suunnittelurajoitusten mukaan. Poltettava myrkky säättää ylimääräreaktiivisuuden enintä osaa, vaan ei

kaikkea. Toinen tapa on järjestellä sydämessä olevia säätösauvoja. Säätösauvat säätävät ylimääräreaktiivisuutta. Reaktorin sydän sisältää erityisemminkin säätösauvoja, jotka varmistavat turvallisen sulkemisen ja aikaansaavat ensisijaisen mekanismin maksimaalisen tehon huippukertoimen säätämiseksi. Käytettävien

5 säätösauvojen kokonaismäärä vaihtelee sydämen koon ja geometrian mukaan, ja on tyypillisesti välillä 50 - 269. Säätösauvojen sijainti, ts. täysin sisään vietyinä, täysin poistettuna tai jossakin näiden välissä, perustuu tarpeeseen säätää ylimääräreaktiivisuutta ja vastata muihin käyttörajoituksiin, kuten sydämen maksimaalinen tehon huippukerroin.

10 Jäähdyte syötetään sydämeen jäähdyttämään sydäntä ja muunnettavaksi höyryksi työvirtausaineena energian generoimiseksi. Normaali jäähdytevirtaus siirtyy polttoainekokoonpanoihin yksifaasivirtana lievästi alijäähdytetyn jäähdytteen kera polttoainetuesta. Virtaus kulkee pystysuorassa ylöspäin säätösauvan ohjausputkien ympäri, ja kääntyy sen jälkeen vaakasuorassa virtauksen

15 siirtyessä sivutuloaukkoon polttoainetukeen, joka tukee polttoainekokoonpanoa. Virtaus kääntyy tämän jälkeen 90 astetta polttoainetueessa ja ylöspäin kunnes se kulkee polttoainetuen suuaukon kautta aikaansaamaan paineen vähennyksen edistämään jäähdytteen levitystä polttoainekokoonpanoihin. Tämän jälkeen virtaus kääntyy pystysuorassa ja siirtyy polttoainekokoonpanon alasisoslevyn reikään ja levittäytyy polttoainekokoonpanon erillisten polttoainesauvojen ympärille.

20

Tunnetut reaktorit sisältävät polttoainetuen suuaukkoalueet sydämessä, yksi periferian ympärillä ja yksi lähellä keskiötä. Periferia-alue sisältää kaikki polttoainepaikat sydämen periferian ympärillä, ja keskialue sisältää muut paikat. Polttoainetuen suuaukot on suunniteltu rajoittamaan virtausaineen virtausta polttoainekokoonpanoihin periferia-alueessa noin puoleen keskialueen polttoaine-elementtiä kohti olevasta virtausaineen virtauksesta. Periferiavirtauksen rajoittaminen kyseisin määrin on sallinut hyvin pientehoisten perifeeristen polttoaine-elementtien kyllästävän jäähdytevirtauksen, mutta säilyttäen poistolaadun ja keskityhjöt, jotka ovat edelleen paljon alhaisempia kuin toisen suuremmantehoisen alueen kohdalla. Epätasainen poistolaatu ja keskityhjö voivat aiheuttaa tehotoman höyrynerotuksen ja ydin vaimennuksen.

25

30

Tiedetään myös, että jäähdytevirtaus on säädettävissä polttoainekokoonpanon rakennetta muuntaen. Tiedetään esimerkiksi, että kukin polttoainekokoonpano voi sisältää jäähdytevirtauksen ensiökanavan ja tuloaukon, jossa on huomattava vakiovirtaus. Polttoainekokoonpanot voivat kuitenkin myös sisältää yhden tai useamman jäähdytevirtauksen toisiokanavan, joka voi vaihdella jäähdy-

35

tevirtauksen säätämiseksi tietyissä polttoainekokoonpanoissa. Joissakin tapauksissa kolme erityyppistä polttoainekokoonpanoa voi aikaansaada kolme erilaista toisiojähdytevirtausta. Kukin tällainen polttoainekokoonpano voidaan sijoittaa sydämeen aikaansaamaan halutun jäähdytevirtauksen. Mainitut kolme erilaista polttoainekokoonpanoa voidaan esimerkiksi järjestää kolmeen tai useampaan sydänelueeseen. Jäähdytteen virtaus kunkin polttoainekokoonpanon kautta kussakin alueessa voi olla erilainen kuin jäähdytteen virtaus polttoainekokoonpanon kautta kussakin muussa alueessa perustuen kolmen erilaisen polttoainekokoonpanon sijaintiin. Tämä edellyttää kuitenkin kolmen erilaisen polttoainekokoonpanon ja/tai sidoslevyn valmistusta.

Tunnetuissa reaktorijärjestelyissä virtausaineen virtaus polttoainetukeen ja sen jälkeen polttoainekokoonpanojen alasisoslevyyn on asymmetrinen ja epävaka.

Ennestään tunnettua tekniikkaa käy esille mm. patenttijulkaisuista EP0423382A1, DE1030135A1, JP1038691A ja US5513233A.

Keksinnön yhteenveto

Keksinnön keksijät ovat onnistuneet suunnittelemaan säätösauvan ohjausputkia, jotka voivat mahdollistaa virtausaineen parannetun symmetrisen ja/tai vakaan virtauksen polttoainetukeen ja sen jälkeen polttoainekokoonpanoon. Keksinnön keksijät ovat lisäksi suunnitelleet reaktorin sydämen virtausaineen virtauskokoonpanon ja menetelmät jäähdytteen aikaansaamiseksi polttoainekokoonpanoihin, omaten alennetun paineenpudotuksen liittyen virtausaineen virtauksen aikaansaamiseen polttoainetukeen ja siten polttoainekokoonpanoihin.

Erään aspektin mukaan ydinreaktorin säätösauvan ohjausputki sisältää rungon, jonka aksiaalipituus muodostaa alapäätyosuuden ja yläpäätyosuuden ja onkalon, rungon huomattavassa pituudessa sisältäen suuaukkoja rungon ylä- ja alapäätyosuuksilla. Onkalossa sijaitsevan säätösauvan kammio on konfiguroitu säätösauvan vastaanottamiseksi. Monta porttia on yhdistetty onkaloon ja sijoitettu huomattavaan pituuteen rungon yläpäätyosuudesta. Onkaloon on myös sisällytetty ainakin kaksi virtauskanavaa, jotka ulottuvat huomattavan osuuden rungon aksiaalipituudesta. Kukin virtauskanava on yhdistetty fluidisesti yhteen tai useampaan porteista virtausaineen virtauksen vastaanottamiseksi rungon ulkopuolelta, ja menoaukkoon lähellä rungon yläpäätyosuutta vastaanotetun virtausaineen virtauksen aikaansaamiseksi.

Toisen aspektin mukaan säätösauvan ohjausputki ydinreaktorille sisältää rungon, omaten lieriömäisen seinämän muodostaen yläpäätyosuuden, ala-

päätyosuuden, onkalon seinämän sisäpinnan muodostamana ja ulottuen yläpäätyosuudesta alapäätyosuuteen, ja monta porttia sijoitettuna aksiaalisesti pitkin seinämää yläpäätyosuuden ja alapäätyosuuden välillä virtausaineen virtauksen aikaansaamiseksi rungon onkaloon. Sisällytettynä on myös sisäke mitoitettuna sijoitettavaksi rungon onkaloon ja omaten yläpäätyosuuden ja alapäätyosuuden ja sisältäen säätösauvan kammion mukautettuna säätösauvan vastaanottamiseksi, ja monta kanavakiinnikettä, jotka ainakin osittain muodostavat yhden tai useamman virtauskanavan rungon onkalossa. Virtauskanavat on konfiguroitu virtausaineen virtauksen vastaanottamiseksi rungon yhden tai useamman portin kautta, kanavoiden vastaanotetun virtausaineen virtauksen rungon onkalossa alapäätyosuuden ja yläpäätyosuuden välillä, ja aikaansaaden virtausaineen virtauksen rungon yläpäätyosuuteen.

Vielä toisen aspektin mukaan säätösauvan liukuputki ydinreaktorille sisältää välineet säätösauvan vastaanottamiseksi, ja välineet virtausaineen kanavoimiseksi oleellisesti symmetrisen virtauksen polttoainetuen polttoainekokoonpanon onkalon alasuaukkoon.

Yhä toisen aspektin mukaan menetelmä virtausaineen virtauksien vakauttamiseksi polttoainekokoonpanoihin ydinreaktorissa sisältää säätösauvan kammion koteloinnin, säätösauvan ohjausputken rungon onkaloon. Säätösauvan kammio on mukautettu säätösauvan vastaanottamiseksi. Monta aksiaalista virtauskanavat on sijoitettu säätösauvan ohjausputken rungon onkaloon. Menetelmä sisältää myös rungon yhdistämisen polttoainetukeen, johon on mukautettu monta polttoainekokoonpanon onkaloa virtausaineen virtauksien aikaansaamiseksi polttoainekokoonpanoihin. Yhdistäminen sisältää kunkin aksiaalisista virtauskanavista parittamisen fluidisesti vastaavaan polttoainekokoonpanon onkaloon.

Toisen aspektin mukaan, menetelmä virtauksenohjauksen hallitsemiseksi ydinreaktorissa sisältää virtausaineen virtauksen vastaanottamisen, säätösauvan ohjausputken virtauskanavaan, säätösauvan ohjausputken muodostaman yhden tai useamman portin kautta, aikaansaaden vastaanotetun virtausaineen virtauksen virtauskanavasta polttoainetuen onkaloon, aikaansaaden virtausaineen virtauksen polttoainetuen onkalosta polttoainekokoonpanon alasisoslevyn reikään.

Esillä olevan keksinnön muut aspektit ovat osin ilmeisiä ja osoitetaan osin jäljempänä. On käsitettävä, että kuvauksen eri aspektit voidaan toteuttaa erillisinä tai yhdistelmänä toistensa kanssa. On myös käsitettävä, että yksityiskoh-

tainen kuvaus ja piirustukset, vaikka osoittavat tiettyjä esimerkillisiä suoritusmuotoja, ovat tarkoitettuja pelkästään havainnollisuustarkoituksiin eikä niitä pidä tulkita kuvauksen laajuutta rajoittaviksi.

Piirustusten lyhyt kuvaus

5 Kuvio 1 on auki leikattu sivukuva ydinreaktorin käyttöympäristöstä, joka soveltuu eräisiin esimerkillisiin suoritusmuotoihin.

Kuvio 2 on sivuperspektiivikuva säätösauvan ohjausputken rungosta yhden esimerkillisen suoritusmuodon mukaan.

10 Kuvio 3 on sivuperspektiivikuva monikomponenttisisäkkeestä omaten neljä sisäkekiinnitystä säätösauvan ohjausputken yhden esimerkillisen suoritusmuodon mukaan.

Kuvio 4 on sivuperspektiivikuva monoliittisestä sisäkkeestä säätösauvan ohjausputken toisen esimerkillisen suoritusmuodon mukaan.

15 Kuvio 5 on päätyperspektiivikuva säätösauvan ohjausputkesta yhden esimerkillisen suoritusmuodon mukaan.

Kuvio 6 on pohjaperspektiivikuva polttoainetuesta, joka soveltuu yhdistettäväksi esillä oleva kuvauksen säätösauvan ohjausputken eräisiin suoritusmuotoihin.

20 Kuvio 7 on pohjakuva osittain puretusta säätösauvan ohjausputkesta, jossa on yhdistetty polttoainetuki, havainnollistaen säätösauvan ohjausputken sisäkkeen suuntausta polttoainetukeen yhden esimerkillisen suoritusmuodon mukaan.

25 Kuvio 8 on sivuperspektiivikuva kokoonpanosta sisältäen yhden esimerkillinen säätösauvan ohjausputken, yhdistetyn polttoainetuen ja kiinnitetyn liitoskiinnityksen yhden esimerkillisen suoritusmuodon mukaan.

On käsitettävä, että kauttaaltaan piirustuksissa vastaavat viitenumerot osoittavat samanlaisia tai vastaavia osia ja piirteitä.

Yksityiskohtainen kuvaus

30 Seuraava kuvaus on luonteeltaan pelkästään esimerkillinen eikä ole tarkoitettu rajoittamaan esillä olevaa esitystä tai esityksen sovellusta tai käyttöä.

Eräissä suoritusmuodoissa säätösauvan ohjausputki ydinreaktorille sisältää rungon, jonka aksiaalipituus muodostaa alapäätyosuuden ja yläpäätyosuuden ja onkalon, rungon huomattavassa pituudessa sisältäen suuaukkoja rungon ylä- ja alapäätyosuuksilla. Onkalossa sijaitsevan säätösauvan kammio 35 on konfiguroitu säätösauvan vastaanottamiseksi. Monta porttia on yhdistetty on-

kaloon ja sijoitettu huomattavaan pituuteen rungon yläpäätyosuudesta. Onkaloon on myös sisällytetty ainakin kaksi virtauskanavaa, jotka ulottuvat huomattavan osuuden rungon aksiaalipituudesta. Kukin virtauskanava on yhdistetty fluidisesti yhteen tai useampaan porteista virtausaineen virtauksen vastaanottamiseksi rungon ulkopuolelta, ja menoaukkoon lähellä rungon yläpäätyosuutta vastaanotetun virtausaineen virtauksen aikaansaamiseksi. Tämä voidaan ymmärtää paremmin viittein kuvioihin.

Kuten nähdään kuvion 1 esimerkillisen käyttöympäristön avulla, tavanomaisessa kiehutusvesireaktorissa (BWR) on reaktoripaineastia 10 ja sydänvaippa 12 järjestettyinä samankeskisesti reaktoripaineastiaan 10, joiden välissä on rengasmaisen alue, nimittäin alasmenorengas 14. Sydänvaippa 12 on ruostumattomasta terästä oleva sylinteri, joka ympäröi ydinpolttoainesydämen 13. Sydänvaippa 12 käsittää varsinkin vaipan lakiosan laipan 12a vaipan lakiosan tukemiseksi (ei esitetä); ylävaipan ympyränmuotoisen lieriömäisen seinämän 12b, jossa on yläpää hitsattuna vaipan lakiosan laippaan 12a; yläohjaimen rengasmaisen tukirenkaan 12c hitsattuna ylävaipan seinämän 12b pohjapäähän; ympyränmuotoisen lieriömäisen vaipan keskiseinämän 12d, joka on hitsattu kokoonpano hitsattuna yläohjaimen tukirenkaaseen 12c; ja rengasmaisen sydänlevyn tukirenkaan 12e hitsattuna vaipan keskiseinämän 12d pohjaan ja alavaipan seinämän 12f yläosaan. Kuten nähdään kuviossa 1, vaippa 12 on pystysuorassa tuettuna vaipan monin tukijaloin 16, kunkin jälkimmäisistä ollessa hitsattuna reaktorin paineastian 10 pohjakupuosaan 17. Sydänvaippa 12 on sivuttaisesti tuettuna rengasmaisen vaipan tukilevyin 18, joka on hitsattu sisähalkaisijalta sydänvaippaan 12 ja ulkohalkaisijaltaan reaktoripaineastiaan 10. Vaipan tukilevystä 18 on monta ympyränmuotoista avaumaa 20 virtausyhteydessä monen suihkupumppukokoonpanon hajottimiin (ei esitetä).

BWR:n polttoainesydän 13 koostuu monesta pystyssä olevasta ja samansuuntaisesta polttoaineniippukokoonpanosta 22 (joihin myös viitataan polttoaineniippuina) järjestettyinä ryhmiksi, kukin polttoainekokoonpano 22 sisältää polttoainesauvaryhmän polttoainekanaavassa, joka on valmistettu zirkoniumperusteisesta metalliseoksesta. Kukin polttoaineniippukokoonpanoryhmä on yläosastaan yläohjaimen 24 tukemana ja pohjasta sydänlevyn 26 ja alla olevan tukirakenteensa 27 tukemana. Sydänlevy 26 jakaa reaktorin polttoainesydämeksi 13 ja alaonteloksi 15. Sydämen yläohjain 24 aikaansaa sivuttaistuen polttoainekokoonpanojen 22 yläosalle, ja sydänlevy 26 aikaansaa sivuttaistuen polttoainekokoonpanojen 22 pohjalle. Sivuttaistuki ylläpitää oikeaa polttoainekanaavajakoa kussakin

ryhmässä mahdollistaen säätösauvan 28 pystysiirtymisen, sisältäen monta säätösauvan lapaa 29 polttoainekokoonpanojen 22 välissä.

Reaktorin tehotasoa ylläpidetään tai säädetään sijoittamalla säätösauvat 28 ylös ja alas sydämessä 13 kun polttoainekokoonpanot 22 pidetään paikallaan. Kunkin säätösauvan 28 poikkileikkaus on ristinmuotoinen koostuen neljästä siivekkeestä tai säätösauvan lavasta 29 kohtisuorassa. Kukin säätösauvan lapa 29 koostuu monesta samansuuntaisesta putkesta hitsattuna riviin, kunkin putken sisältäessä neutroneja absorboivalla materiaalilla täytettyjä pinottuja kapseleita. Kukin säätösauva 28 nostetaan tai lasketaan tuettuna säätösauvan ohjausputkella 30 säätösauvan yhteenkuuluvan käytön (33) toimesta, joka voi olla irrotettavasti yhdistettynä tyngällä yläosastaan istukkaan säätösauvan 28 pohjassa.

Säätösauvan käyttöjä 33 käytetään säätösauvojen 28 sijoittamiseksi BWR:ään ohjaamaan fissionopeutta ja fissiotiheyttä ja aikaansaamaan riittävä negatiivinen liikareaktiivisuus reaktorin sulkemiseksi jossakin normaalissa käyttö- tai vauriotilassa sydämen kestojän reaktiivisimpana aikana. Kukin säätösauvan käyttö 33 on asennettu pystysuorassa säätösauvan käytön koteloon 32, joka on hitsattu kantaputkeen 34, joka vuorostaan on hitsattu reaktorin paineastian 10 pohjakupuosaan 17. Säätösauvan käyttö 33 on kaksitoiminen, mekaanisesti salvattu hydraulinen sylinteri. Säätösauvan käyttö 33 pystyy sisällyttämään tai poistamaan säätösauvan (28) hitaassa ohjatussa nopeudessa reaktorin normaalitoiminnassa ja aikaansaamaan säätösauvan 28 nopean sisällyttämisen (pikasulun) reaktorin nopean sulkemisen edellyttävässä hätätapauksessa.

Säätösauvan käytön kotelo 32 on ylälaippa, joka on pulttavissa säätösauvan ohjausputken 30 alalaippaan. Kukin säätösauvan ohjausputki 30 sijaitsee yhteenkuuluvan säätösauvan käytön kotelonsa 32 päällä ja on pystysuorassa sen tukemana. Säätösauvan ohjausputken 30 ylin osuus läpäisee vastaavan ympyränmuotoisen avauman sydänlevyssä 26. Voi olla useampi kuin 140 säätösauvan ohjausputkea 30, jotka läpäisevät yhtä monta ympyränmuotoista avaumaa 35 sydänlevyssä 26, kunkin avauman 35 halkaisija on hieman suurempi kuin säätösauvan ohjausputken 30 ulkohalkaisija.

Säätösauvan käytön kotelot 32 ja säätösauvan ohjausputket 30 omaavat kaksi toimintoa: (1) koteloida säätösauvan käytön 33 mekanismit ja vastavasti säätösauvat 28, ja (2) kantaa polttoaineen painon polttoainekokoonpanoissa 22. Polttoaineen paino reagoi polttoainetuen 36 suuaukossa, joka sijaitsee säätösauvan ohjausputken 30 yläosassa.

sauvan ohjausputken 30 yläosalla. Säättösauvan ohjausputket 30 ja kotelot 32 toimivat pilareina kantaen polttoaineen painon.

Reaktorin käytössä vesi alaontelossa 15 siirtyy säättösauvan ohjausputken 30 portteihin 38. Vesi kanavoidaan säättösauvan ohjausputkessa 30 polttoainetuen 36 suuaukkoon ja polttoainekokoonpanojen 22 alasidoslevyn reikään. Vesi nousee edelleen polttoainekokoonpanoissa 22 ja polttoainesydämessä 13, huomattavan määrän muuttuessa höyryksi, jota käytetään sähköenergian tuotannossa.

Kuten kuvioden 2 - 5 esimerkilliset suoritusmuodot havainnollistavat, säättösauvan ohjausputken 30 aksiaalipituuden omaava runko 40 muodostaa yläpäätyosuuden 42 ja alapäätyosuuden 44 ja onkalon 46 rungon huomattavassa pituudessa 40. Suuaukko 48 on rungon 40 yläpäätyosuudessa 42 ja suuaukko 50 on alapäätyosuudessa 44. Yläpäätyosuus 42 voidaan mukauttaa yhdistyväksi polttoainetuen 36 pohjaan virtauskanavan yhdistämiseksi fluidisesti polttoainetuen 36 pohjasuuaukkoon ja polttoainekokoonpanoon 22, joka on kytketty tai sijoitettu polttoainetuen 36 yläosalle. Alapäätyosuus 44 voidaan mukauttaa yhdistyväksi säättösauvan käytön koteloon 32 säättösauvan ohjausputken 30 tukemiseksi alaontelossa 15 ja kohdistukseen säättösauvan käyttöön 33. Tämä voi sisältää liitoskiinnityksen (esitetynä kuviossa 6), joka voidaan kiinnittää rungon 40 alapäätyosuuteen kytkeytyväksi irrotettavasti säättösauvan ohjausputkeen 30.

Säättösauvan kammio 52 (kuten esitetään esimerkein kuvioissa 3, 4, ja 5) sijaitsee onkalossa 46. Säättösauvan kammio 52 on mukautettu, konfiguroitu ja/tai mitoitettu säättösauvan 28 vastaanottamiseksi. Koska säättösauva 28 on yleisesti ristinmuotoinen, säättösauvan kammio 52 voi myös olla vastaavasti ristinmuotoinen. Säättösauvan kammio 52 voi ainakin osin muodostua onkalossa 46 yhdestä tai useammasta rakenteesta, johon tässä viitataan yleisesti sisäkkeenä 54. Sisäkkeen runko voi olla monoliittinen tai yhden tai useamman sisäkekomponentin ryhmittymä, jotka yhdessä muodostavat sisäkkeen 54, ja jotka ainakin osin muodostavat säättösauvan kammion 52 onkalossa 46.

Kuviossa 3 esimerkein havainnollistetaan monikomponenttisisäkkeen 54A yhtä esimerkkiä. Tässä suoritusmuodossa sisäke 54A sisältää neljä sisäkevirtauskiinnikettä 56, kukin omaten kaarevan muodon, joka muodostaa ristinmuotoisen säättösauvan kammion 52, kun ne ovat koottuina kuperat osuutensa selin toisiinsa. Kunkin sisäkevirtauskiinnikkeen 56 kupera muoto muodostaa lisäksi virtauskanavan 58 osuuden. Eräissä suoritusmuodoissa kukin sisäkevirtauskiinnikkeiden 56 pari (joihin tässä myös viitataan kanavakiinnikkeinä) on yhdis-

tetty ulkoperiferiastaan muodostaen onton varren 61, muodostaen säätösauvan kammion 52 osuuden, konfiguroituna säätösauvan 30 säätösauvan lavan 29 vastaanottamiseksi.

Kuviossa 4 havainnollistetaan sisäkkeen 54B monoliittisen rungon
 5 esimerkillistä suoritusmuotoa. Tässä suoritusmuodossa ristinmuotoinen säätösauvan kammio 52 on täysin koteloituna kunkin lavan 29 päissä. Virtauskanavat 58 on myös aikaansaatu pitkin sisäkkeen 54B suoritusmuodon ulkoista kuperaa pintaa. Yksi tai useampi säätösauvan tuloaukko 60 voi valinnaisesti aikaansaada jäähdytteen virtauksen säätösauvan kammioon 52 ja siten säätösauvan 28 ja
 10 säätösauvan kammioon 52 sisältyvien säätösauvan lapojensa 29 ympärille.

Portit 38 on yhdistetty onkaloon 46 ja sijoitettu huomattavaan pituuteen rungon 40 yläpäätyosuudesta 42. Huomattava pituus, kuten kuvataan tässä, sisältää yleensä huomattavan kokonaisrunkopituuden pituuden siten, että virtaus porteista 38 yläpäätyosuuteen 42 onkalossa 46 muuttuu vakaaksi tai on muutoin
 15 yleisesti symmetrinen, tai siinä ei ole asymmetrioiden tai turbulenssin merkittäviä määriä. Huomattava pituus voi olla alapäätyosuuden 44 vieressä, kuten havainnollistetaan kuviossa 2, tai se voi olla jonkin matkan päässä, joka on suurempi kuin lähellä tai vieressä yläpäätyosuutta 42. Huomattava pituus voi sellaisenaan sisältää jonkin pituuden, joka on suurempi kuin pieni pituus eikä ole tarkoitettu
 20 osoitetuksi tarvitsevan enimmän osan tai enemmän rungon 40 kokonaispituudesta.

Lisäksi, vaikka kuviot 2 ja 5 havainnollistavat viisi porttia 38, jotka on sijoitettu pitkin rungon 40 neljää sivua, on mahdollista pitää enemmän tai vähemmän portteja, ja edelleen kuvauksen puitteissa. Porttien 38 poikkipinta-ala voi li-
 25 säksi vaihdella, kuten myös aksiaalisesti pitkin runkoa 40 suunnattujen porttien määrää.

Kuten todettuna, säätösauvan ohjausputki 30 sisältää ainakin kaksi virtauskanavaa 58 onkalossa 46. Eräissä suoritusmuodoissa virtauskanavat 58 muodostuvat osin sisäkkeen 54 ja osin rungon 40 sisäpinnan toimesta. Eräissä
 30 suoritusmuodoissa virtauskanavat 58 ulottuvat yleisesti huomattavan osuuden rungon 40 aksiaalipituudesta. Kukin virtauskanava 58 on yhdistetty fluidisesti yhteen tai useampaan porttiin 38, virtausaineen virtauksen vastaanottamiseksi alao-
 35 soitelosta 15, ja menoaukkoon 62, joka on lähellä rungon 40 yläpäätyosuutta 42 ja/tai sen muodostama. Menoaukko 62 aikaansaa virtausaineen virtauksen yhdistetyn polttoainetuen 36 suuaukkoon. Eräissä suoritusmuodoissa kunkin virtauskanavan 58 poikkipinta-ala on yleensä noin yhtä suuri tai pienempi kuin yhdis-

tetyn polttoainekokoonpanon suuaukon poikkipinta-ala (ei esitetä). Yhdessä suoritusmuodossa monta porttia 38 on yhdistetty virtauskanavaan 58 ja yhdistettyjen porttien 38 yhteispoikkipinta-ala on suurempi kuin kytketyn virtauskanavan 58 poikkipinta-ala. Tällä tavoin virtaus alaontelosta 15 virtauskanavaan 58 ei rajoitu

5 porteissa 38 ja turbulenssia voidaan vähentää.

On todettava, että eräissä suoritusmuodoissa sisäke 54 voidaan kiinnittää paikalleen suhteessa runkoon 40. Sisäkkeen 54A sisäkevirtauskiinnike 56 voidaan esimerkiksi hitsata tai muutoin kiinnittää onkalossa 46, kuten onkalon 46 muodostavaan sisäpintaan. Tähän voi sisältyä sisäkkeen 54 kiinnittämisen

10 kiinteäksi sisäpintaan siten, että sisäpinnan ja sisäkkeen 54 osuus oleellisesti koteloi kunkin virtauskanavan 58, vähentäen jotakin sisäkkeen 54 ja sisäpinnan koteloimattoman tai avoimen tai kiinnittämättömän osuuden aiheuttamaa tai siihen liittyvää turbulenssia.

Monoliittinen sisäke 54B voidaan lisäksi myös kiinnittää rungon 40 on-

15 kaloon 46. Muissa suoritusmuodoissa sisäke 54 voi olla kierrettävä onkalossa 46. Kierrettävän sisäkkeen 54 läsnäolo voi aikaansaada mm. säätösauvan 38 kierätyksen säätösauvan ohjausputkessa 30 polttoaineen täyttötoiminnossa, tarvittamalla poistaa säätösauvaa 38 ja/tai säätösauvan ohjausputkea 30.

Seuraavassa viitataan kuvioon 6, havainnollistetaan polttoainetuen 36

20 yhtä suoritusmuotoa pohjaperspektiivistä. Kuten esitetään, polttoainetuki 36 sisältää yleensä myös ristinmuotoisen kammion mahdollistaen säätösauvan 28 siirtymisen polttoainesydämeen 13. Polttoainetuki 36 sisältää monta suuaukkoa 66 virtauksen vastaanottamiseksi säätösauvan ohjausputken 30 virtauskanavista 38. Polttoainetuen 36 alapäätyosuus 68 on mukautettu yhdistyväksi rungon 40

25 yläpäätyosuuteen 42. Tämä voi käsittää hitsaamalla tai jollakin muulla sopivalla kiinnitysmenetelmällä. Kuten esitetään kuviossa 7, polttoainetuki 36 ja säätösauvan ohjausputki 30 on yhdistetty kohdistamaan virtauskanavan 58 suuaukkoihin 66. Kuten esitetään, sisäkevirtauskiinnikkeet 56 on kohdistettu muodostamaan virtauskanavan 58, joka aikaansaa virtausaineen virtauksen kuhunkin suuauk-

30 koon 66. Kuten todettiin edellä, virtauskanavien 58 poikkipinta-ala voi olla noin yhtä suuri tai pienempi kuin yhdistetyn suuaukon 66 poikkipinta-ala. Tällaisissa suoritusmuodoissa ilmenee, määrältään vähäisestä aina ei yhtään, paineen lisäystä virtauskanavan 58 ja suuaukon 66 välisessä rajapinnassa. Eräissä suoritusmuodoissa suhteelliset poikkipinta-alat voivat kyseisessä rajapinnassa aikaan-

35 saada paineenpudotuksen.

Kuvio 8 havainnollistaa säätösauvan ohjausputken 30 yhtä suoritusmuotoa koottuna, polttoainetuki 36 kiinnitettynä yläpäätyosuuteen 42, ja liitoskiinnitys 70 kiinnitettynä alapäätyosuuteen 44.

Muiden suoritusmuotojen mukaan menetelmä virtausaineen virtauksien vakauttamiseksi polttoainekokoonpanoihin ydinreaktorissa sisältää säätösauvan kammion koteloinnin, säätösauvan ohjausputken rungon onkaloon, jossa säätösauvan kammio on mukautettu säätösauvan vastaanottamiseksi. Menetelmä sisältää myös monen aksiaalisen virtauskanavan muodostamisen säätösauvan ohjausputken rungon onkalossa. Menetelmä sisältää lisäksi rungon yhdistämisen polttoainetukeen, johon on mukautettu monta polttoainekokoonpanon onkaloa virtausaineen virtauksien aikaansaamiseksi polttoainekokoonpanoihin. Yhdistäminen sisältää kunkin aksiaalisista virtauskanavista parittamisen fluidisesti vastaavaan polttoainekokoonpanon onkaloon. Tämä voi sisältää, että aikaansaadaan yksi tai useampi portti rungolle kunkin aksiaalisen virtauskanavan kohdalla ja/tai muodostetaan aksiaaliset virtauskanavat omaamaan poikkipinta-alan, joka on pienempi tai yhtä kuin fluidisesti paritettu polttoainekokoonpanon onkalo.

Toisessa käyttösuoritusmuodossa, menetelmä virtauksenohjauksen hallitsemiseksi ydinreaktorissa sisältää virtausaineen virtauksen vastaanottamisen, säätösauvan ohjausputken virtauskanavaan, säätösauvan ohjausputken muodostaman yhden tai useamman portin kautta.

Menetelmä sisältää myös vastaanotetun virtausaineen virtauksen aikaansaamisen virtauskanavasta polttoainetuen onkaloon, aikaansaaden virtausaineen virtauksen polttoainetuen onkalosta polttoainekokoonpanon alasisoslevyn reikään. Tämä voi yleisesti sisältää virtausaineen virtauksen vastaanottamisen yhdestä tai useammasta portista virtausasymmetrioiden vähentämiseksi virtauskanavassa ja sellaisten virtausasymmetrioiden vähentämiseksi, jotka aikaansaadaan virtauskanavista niihin yhdistettyyn polttoainekokoonpanon suuaukkoon.

Eräissä suoritusmuodoissa menetelmä voi myös sisältää virtausaineen virtauksen aikaansaamisen virtauskanavasta polttoainetuen suuaukkoon tai onkaloon siten, että aikaansaatuun virtausaineen virtaukseen ei kohdistu tai se ei aiheuta säätösauvan ohjausputken aikaansaamaa virtausaineen paineen lisäystä (ja eräissä suoritusmuodoissa huomattavaa lisäystä). Tämä voi olla parannus verrattuna polttoainetuen sivuilla olevien perinteisten tuloaukkojen aikaansaamiin virtausaineen virtauksiin. Tällä esimerkillisin tavoin polttoainetuki tai muut reaktorin virtausaineen käsittelyosuudet ovat muunneltavissa hyötymään sää-

tösausvan ohjausputken aikaansaamasta virtausaineen paineen vähennyksestä, kuten on kuvattu tämän kuvauksen eri suoritusmuodoin.

Eräissä suoritusmuodoissa tämä voi sisältää, että vähennetään virtausaineen virtauksen paineenpudotusta poikittain säätösausvan ohjausputkea, 5 kuten tässä aikaansaatuna, ja lisätään virtausaineen virtauksen paineenpudotusta poikittain polttoainetukea ja alasidoslevyä seurauksena säätösausvan ohjausputken aikaansaaman virtausaineen virtauksen vähennyksestä tuloaukossa polttoainetuen sivutuloaukkoon verrattuna. Voidaan aikaansaada muita reaktorin käyttöetuja konfiguroimalla tai muuntamalla sen polttoainetuki tai suuaukko tai 10 onkalo polttoainekokoonpanoon tapahtuvan virtausaineen virtauksen muuntamiseksi edelleen.

Elementtejä tai ominaisuuksia ja/tai niiden suoritusmuotoja kuvattaessa, sanat kuten "yksi", "eräs", "tietty" ja "mainittu" on tarkoitettu tarkoittaviksi, että on yksi tai useampi kyseisistä elementeistä tai ominaisuuksista. Termit "käsit- 15 täen", "sisältäen" ja "omaten" on tarkoitettu sisällyttäväiksi ja tarkoittavat, että saat- taa olla muita lisäelementtejä ja -ominaisuuksia kuin erityisesti kuvatut.

Alan ammattihenkilöt käsittävät, että edellä kuvattuihin esimerkillisiin suoritusmuotoihin ja sovelluksiin voidaan toimittaa erilaisia muutoksia poikkeamatta kuvauksen laajuudesta. Kaikki edellä mainittuun kuvaukseen sisältyvä tai 20 oheisissa piirustuksissa esitetty aines on siten tulkittava havainnollistaviksi eikä rajoittavassa mielessä. On lisäksi käsitettävä, että tässä kuvatut prosesseja ja vaiheita ei pidä tulkita siten, että ne edellytetään välttämättä suoritettaviksi tietyssä tarkastellussa tai havainnollistetussa järjestyksessä. On myös käsitettävä, että voidaan soveltaa muita tai vaihtoehtoisia prosesseja tai vaiheita.

25

Patenttivaatimukset

1. Ydinreaktorin (10) säätösauvan ohjausputki (30), käsittäen
 rungon (40), jonka aksiaalipituus muodostaa alapäätyosuuden (44)
 ja yläpäätyosuuden (42),
 5 onkalon (46) rungon (40) huomattavassa pituudessa, sisältäen yhden
 tai useamman suuaukon (48, 50) rungon (40) ylä- ja alapäätyosuuksilla (42,
 44),
 säätösauvan kammion (52) onkalossa (46) säätösauvan (28) vas-
 taanottamiseksi,
 10 **tunnettu** siitä, että ohjausputki (30) käsittää monta porttia (38) yhdis-
 tettyinä onkaloon (46) ja sijoitettuina huomattavaan pituuteen rungon (40) ylä-
 päätyosuudesta (42), ja
 ainakin kaksi virtauskanavaa (58) onkalossa (46) ulottuen huomattavan
 osuuden rungon (40) aksiaalipituudesta, ja kukin virtauskanava (58) on
 15 yhdistetty fluidisesti yhteen tai useampaan porteista (38) virtausaineen virtauksen
 vastaanottamiseksi rungon (40) ulkopuolelta, ja kukin virtauskanava (58) on
 yhdistetty fluidisesti menoaukkoon (62) lähellä rungon (40) yläpäätyosuutta (42)
 vastaanotetun virtausaineen virtauksen aikaansaamiseksi.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen säätösauvan ohjausputki (30),
 20 **tunnettu** siitä, että säätösauvan kammio (52) on poikkileikkaukseltaan ristin-
 muotoinen.
3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen säätösauvan ohjausputki (30),
tunnettu siitä, että rungon (40) yläpäätyosuus (42) on sovitettu kytkeytymään
 polttoainetuen (36) pohjaan kunkin virtauskanavista (58) yhdistämiseksi fluidi-
 25 sesti polttoainetuen (36) muodostaman polttoainekokoonpanon onkalon suu-
 aukkoon (66).
4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen säätösauvan ohjausputki (30),
tunnettu siitä, että kunkin virtauskanavan (58) poikkipinta-ala on noin yhtä suuri
 tai pienempi kuin polttoainekokoonpanon onkalon suuaukon (66) poikkipinta-
 30 ala.
5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen säätösauvan ohjausputki (30),
tunnettu siitä, että kuhunkin virtauskanavaan (58) yhdistettyjen porttien (38)
 yhteispoikkipinta-ala on suurempi kuin kytketyn virtauskanavan (58) poikkipin-
 ta-ala.
- 35 6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen säätösauvan ohjausputki (30),
tunnettu siitä, että se käsittää lisäksi onkaloon (46) sijoitetun sisäkkeen (54),

ja sisäke (54) muodostaa onkalossa (46) säätösauvan kammion (52), ja sisäke (54) muodostaa kunkin virtauskanavista (58) yhdessä onkalon (46) muodostavan rungon (40) sisäpinnan kanssa.

7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen säätösauvan ohjausputki (30),
5 **tunnettu** siitä, että sisäke (54) on kieritettävä onkalossa (46).

8. Patenttivaatimuksen 6 mukainen säätösauvan ohjausputki (30),
tunnettu siitä, että sisäke (54) on kiinnitetty kiinteästi rungon (40) sisäpintaan.

Patentkrav

1. Styrrör (30) för en reglerstav i en kärnreaktor (10), omfattande en stomme (40), vars axiallängd bildar ett nedre gavelavsnitt (44) och ett övre gavelavsnitt (42),
 5 ett hålrum (46) i stommens (40) märkbara längd, innehållande en eller flera mynningar (48, 50) på stommens (40) övre och nedre gavelavsnitt (42, 44),
 en kammare (52) för reglerstaven i hålrummet (46) för mottagning av reglerstaven (28),
 10 **kännetecknad** av att styrröret (30) omfattar många portar (38) förenade med hålrummet (46) och placerade till avsevärd längd av stommens (40) över gavelavsnitt (42), och
 åtminstone två strömningskanaler (58) i hålrummet (46) sträckande sig ett avsevärt avsnitt av stommens (40) axiallängd, och var och en strömningskanal (58) är förenad fluidiskt med en eller flera av portarna (38) för mot-
 15 tagning av strömningsmedlets strömning från stommens (40) utsida, och var och en strömningskanal (58) är förenad fluidiskt med inloppsöppningen (62) nära stommens (40) övre gavelavsnitt (42) för att åstadkomma en strömning av det mottagna strömningsmedlet.
- 20 2. Styrrör (30) för reglerstav enligt patentkrav 1, **kännetecknad** av att reglerstavens kammare (52) är till tvärsnittet korsformigt.
3. Styrrör (30) för reglerstav enligt patentkrav 1, **kännetecknad** av att stommens (40) övre gavelavsnitt (42) är anordnat att kopplas till ett bränslestöds (36) botten för att förena var och en av strömningskanalerna (58) fluidiskt med
 25 mynningen (66) av hålrummet i den av bränslestödet (36) bildade bränslesammansättningen.
4. Styrrör (30) för reglerstav enligt patentkrav 3, **kännetecknad** av att var och en strömningskanals (58) tvärsnittsytta är ungefär lika stor eller mindre än tvärsnittsytan för hålrummets mynning (66) i bränslesammansättningen.
- 30 5. Styrrör (30) för reglerstav enligt patentkrav 1, **kännetecknad** av att den sammanlagda tvärsnittsytan av portarna (38) förenade med var och en strömningskanal (58) är större än den kopplade strömningskanalens (58) tvärsnittsytta.
6. Styrrör (30) för reglerstav enligt patentkrav 1, **kännetecknad** av att
 35 det dessutom omfattar en i hålrummet (46) placerad ansats (54), och ansatsen (54) bildar i hålrummet (46) en kammare (52) för reglerstaven, och ansatsen (54)

bildar tillsammans med var och en av strömningskanalerna (58) en stomme (40) bildande ett hålrum (46) med den inre ytan.

7. Styrrör (30) för reglerstav enligt patentkrav 6, **kännetecknad** av att ansatsen (54) ska rullas i hålrummet (46).

- 5 8. Styrrör (30) för reglerstav enligt patentkrav 6, **kännetecknad** av att ansatsen (54) är fast fäst i stommens (40) inre yta.

FIG. 1

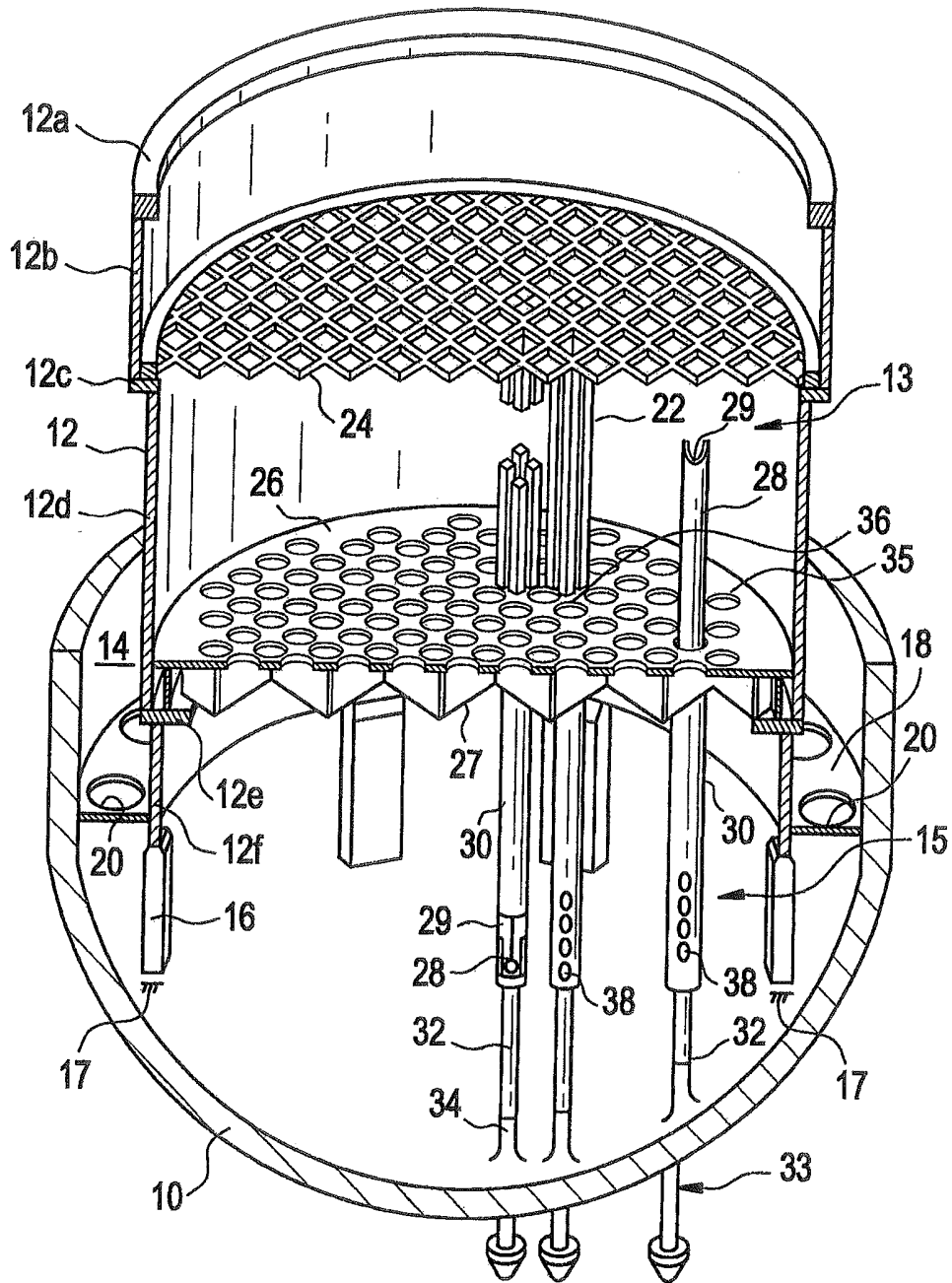


FIG. 2

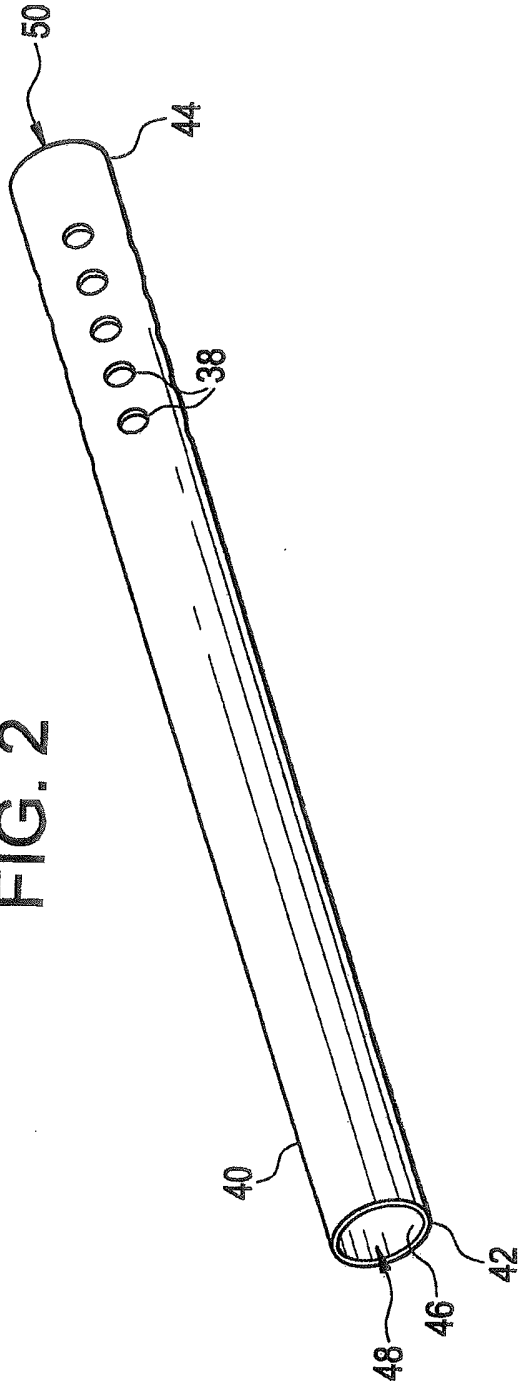


FIG. 3

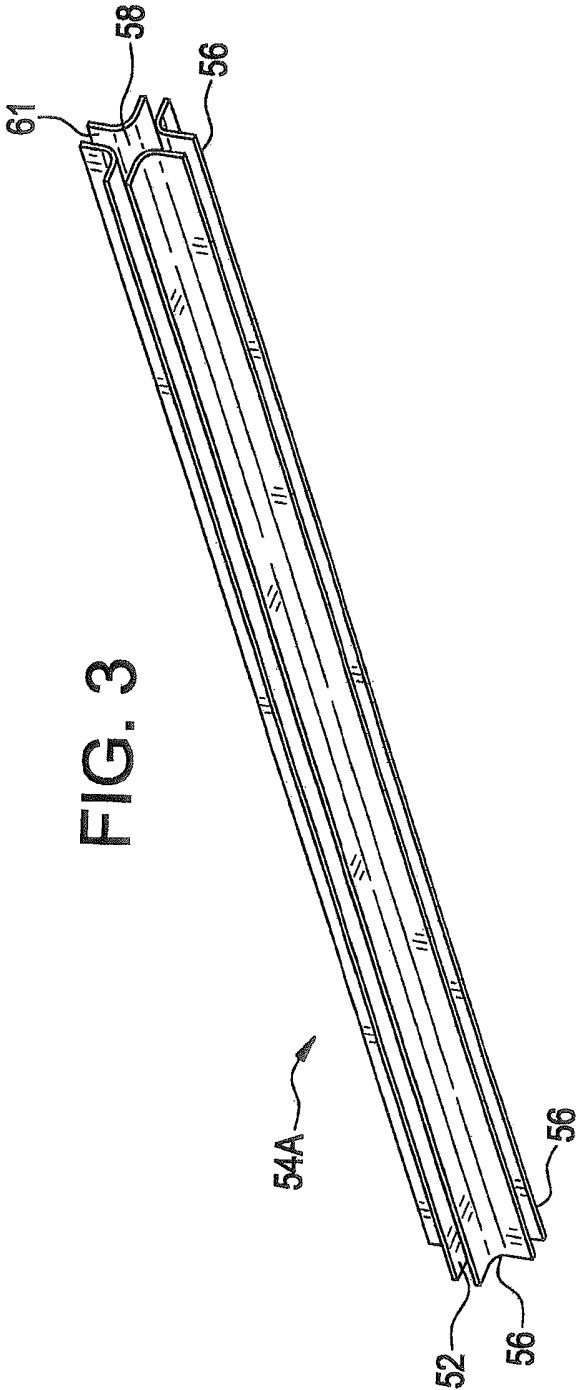


FIG. 4

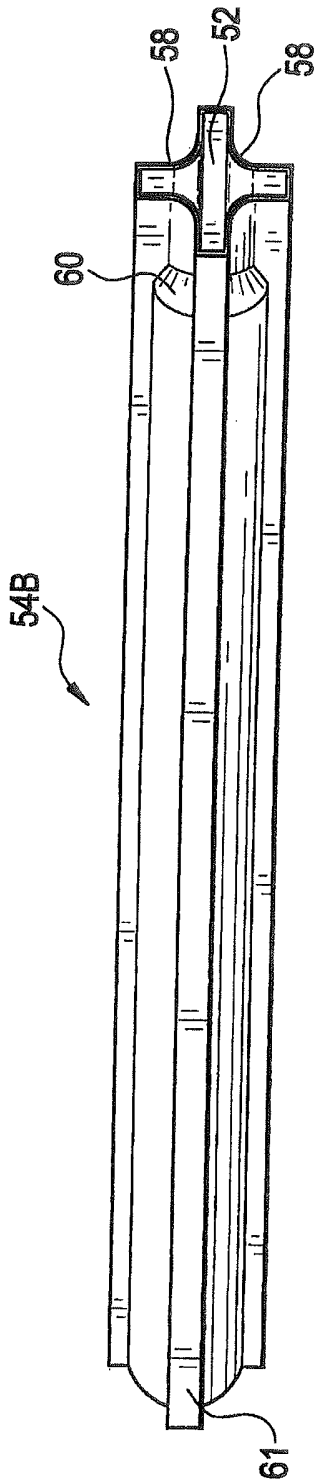


FIG. 5

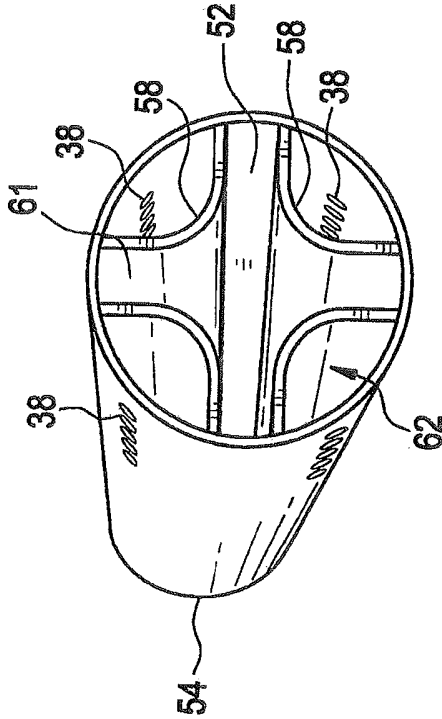


FIG. 6

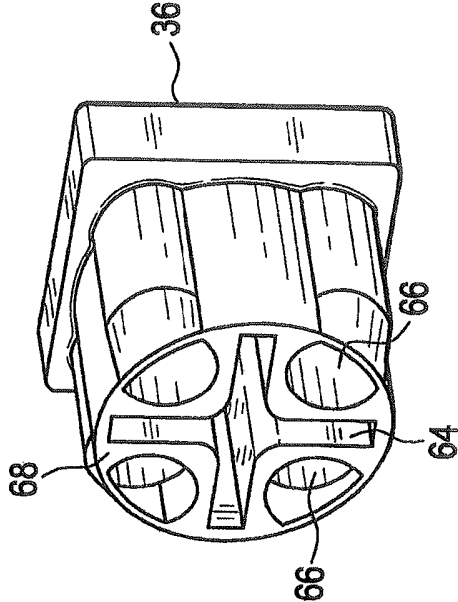


FIG. 7

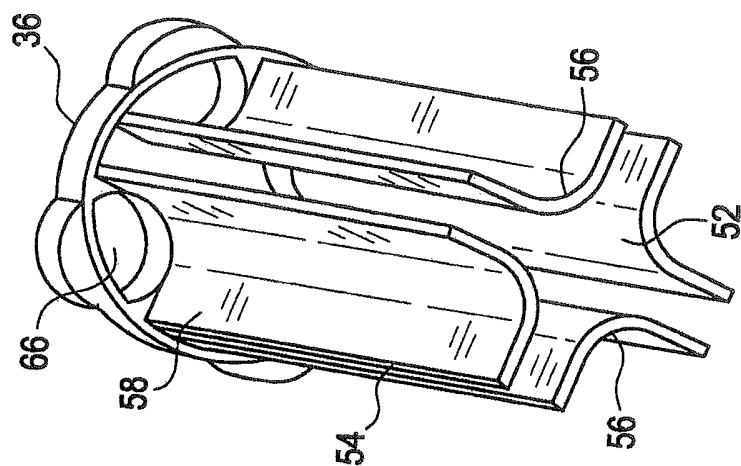


FIG. 8

