



Sverige

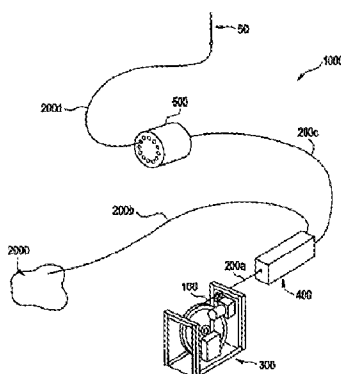
(12) Patentskrift

(10) SE 537 160 C2

| | | | |
|-----------------------------------|--------------|------------------|-----------|
| (21) Patentansökningsnummer: | 1050865-3 | (51) Int.Cl.: | |
| (45) Patent meddelat: | 2015-02-24 | G21G 1/02 | (2006.01) |
| (41) Ansökan allmänt tillgänglig: | 2011-02-26 | G21K 5/08 | (2006.01) |
| (22) Ingivningsdag: | 2010-08-24 | | |
| (24) Löpdag: | 2010-08-24 | | |
| (30) Prioritetsuppgifter: | 2009-08-25 | | |
| | US 12/547210 | | |

- (73) Patenthavare: GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY AMERICAS LLC, 3901 Castle Hayne Road, 28401 WILMINGTON, North Carolina US
- (72) Uppfinnare: Melissa ALLEN, WILMINGTON, North Carolina US
Nicholas R. GILMAN, BROOMFIELD, Colorado US
Heather HATTON, WILMINGTON, North Carolina US
William Earl RUSSELL, WILMINGTON, North Carolina US
- (74) Ombud: Kransell & Wennborg KB, Box 27834, 115 93, Stockholm SE
- (54) Benämning: Kvarhållningsenheten för strålmål för isotoptillförselsystem
- (56) Anförda publikationer: CA 2653871 A1 · US 20070133731 A1 · US 3879612 A
- (57) Sammandrag:

Exempel på utföringsformer avser förfaranden för framställning av önskade isotoper i kommersiella kärnreaktorer och tillhörande apparater genom användning av instrumentrör (50), som vanligen återfinns i kärnreaktortankar, för att exponera strålmål (130) för neutronflöden som förekommer i kärnreaktorer i drift. Exempel på utföringsformer innefattar enheter (122) för kvarhållning och framställning av radioisotoper i kärnreaktorer och instrumentrör (50) däri. Exempel på utföringsformer innefattar en eller flera kvarhållningsenheter (122) som kan innehålla ett eller flera strålmål (130) och kan användas med exempel på tillförselsystem som möjliggör tillförsel av strålmål (130). Exempel på utföringsformer kan dimensioneras, formas och framställas och i övrigt konfigureras för att förflyttas genom exempel på tillförselsystem och konventionella instrumentrör (50) medan de innesluter strålmålen (130) och önskade isotoper som produceras därav.



KVARHÅLLNINGSENHETER FÖR STRÅLMÅL FÖR
ISOTOPTILLFÖRSELSYSTEM

SAMMANFATTNING AV BESKRIVNINGEN

Exempel på utföringsformer avser förfaranden för framställning av önskade isotoper i kommersiella kärnreaktorer och tillhörande apparater genom användning av instrumentrör (50), som vanligen återfinns i kärnreaktortankar, för att exponera strålmål (130) för neutronflöden som förekommer i kärnreaktorer i drift. Exempel på utföringsformer innefattar enheter (122) för kvarhållning och framställning av radioisotoper i kärnreaktorer och instrumentrör (50) däri. Exempel på utföringsformer innefattar en eller flera kvarhållningsenheter (122) som kan innehålla ett eller flera strålmål (130) och kan användas med exempel på tillförselsystem som möjliggör tillförsel av strålmål (130). Exempel på utföringsformer kan dimensioneras, formas och framställas och i övrigt konfigureras för att med framgång förflyttas genom exempel på tillförselsystem och konventionella instrumentrör (50) medan de innesluter strålmålen (130) och önskade isotoper som produceras därav.

KVARHÅLLNINGSENHETER FÖR STRÅLMÅL FÖR ISOTOPTILLFÖRSELSYSTEM BAKGRUND

Tekniskt område

5 Exempel på utföringsformer avser i allmänhet isotoper och apparater och förfaranden för framställning av dem i kärnreaktorer.

Beskrivning av känd teknik

10 Radioisotoper har många olika medicinska och industriella tillämpningar som härrör från deras förmåga att sända ut diskreta mängder och typer av joniserande strålning och att bilda användbara dotterprodukter. Radioisotoper är till exempel användbara inom cancerbehandling, teknologi för medicinsk avbildning och inmärkning, diagnos av cancer och andra sjukdomar och medicinsk sterilisering.

15 Radioisotoper med halveringstider i storleksordningen dagar framställs vanligen genom neutronbombardemang av stabila moderisotoper i accelerators eller forskningsreaktorer med låg effekt på plats vid medicinska eller industriella anläggningar eller vid närbelägna produktionsanläggningar. Dessa radioisotoper transporteras snabbt på grund av sin förhållandevis korta avklingningstid och de exakta mängder av radioisotoper som behövs i särskilda tillämpningar. Vidare kräver produktion på plats av radioisotoper vanligen ohanterlig och dyr bestrålnings- och extraktionsutrustning, som kan vara utesluten vid slutanvändningsanläggningen på grund av kostnader, utrymmes- och/eller säkerhetskrav.

20 På grund av svårigheter med de kortlivade radioisotopernas produktion och livslängd, kan efterfrågan på sådana radioisotoper i stor utsträckning överskrida tillgången, i synnerhet för de radioisotoper som har betydelsefulla medicinska och industriella tillämpningar inom områden med ständig efterfrågan såsom cancerbehandling.

25 SAMMANFATTNING

Exempel på utföringsformer avser förfaranden för framställning av önskade isotoper i kommersiella kärnreaktorer och tillhörande anordningar. I exempel på förfaranden kan instrumentrör som normalt återfinns i kärnreaktortankar användas för exponering av strålmål mot neutronflöden som förekommer i kärnreaktorer i drift. Kortlivade radioisotoper kan framställas i strålmålen med hjälp av flödet. Dessa kortlivade radioisotoper kan sedan skördas förhållandevis snabbt och enkelt genom att avlägsna strålmålen från instrumentröret och reaktorinneslutningen, utan avstängning av reaktorn eller krav på förfaranden för kemisk extraktion. De kortlivade radioisotoperna kan sedan omedelbart transporteras till slutanvändarnas anläggningar.

35 Exempel på utföringsformer kan innefatta enheter för kvarhållning och framställning av radioisotoper i kärnreaktorer och instrumentrör däri. Exempel på utföringsformer kan innefatta en eller flera kvarhållningsenheter som innehåller ett eller flera strålmål. Exempel på utföringsformer kan vara användbara med exempel på tillförselsystem som möjliggör tillförsel av strålmål. Exempel på utföringsformer kan dimensioneras, formas och framställas och i övrigt konfigureras för att med framgång förflyttas genom exempel på tillförselsystem och 40 konventionella instrumentrör medan strålmålen och önskade isotoper som produceras därav innesluts.

KORTFATTAD BESKRIVNING AV RITNINGARNA

Exempel på utföringsformer kommer att bli mer uppenbara genom utförlig beskrivning av de bifogade ritningarna, varvid liknande element betecknas med lika hänvisningssiffror, vilka endast ges som illustration och således inte begränsar exempel på utföringsformer häri.

5 Fig. 1 är en illustration av en vanlig kärnreaktor med ett instrumentrör.

Fig. 2 är en illustration av ett exempel på en utföringsform av ett system för tillförsel av exempel på utföringsformer till ett instrumentrör i en kärnreaktor.

Fig. 3 är en detaljvy av exemplet på utföringsformen av systemet i fig. 2.

Fig. 4 är en detaljvy av exemplet på utföringsformen av systemet i fig. 3.

10 Fig. 5 är en illustration av ett TIP-system i en konventionell kärnreaktor.

Fig. 6 är en illustration av ett ytterligare exempel på en utföringsform av ett system för tillförsel av exempel på utföringsformer till ett instrumentrör i en kärnreaktor.

Fig. 7 är en illustration av ett första exempel på en utföringsform av en kvarhållningsenhet för strålmål.

15 Fig. 8 är en illustration av flera exempel på en utföringsform av kvarhållningsenheter för strålmål inom ett exempel på en utföringsform av ett tillförselsystem.

Fig. 9 är en illustration av ett andra exempel på en utföringsform av en kvarhållningsenhet för strålmål.

UTFÖRLIG BESKRIVNING

20 Utförliga illustrativa utföringsformer av exempel på utföringsformer beskrivs häri. Specifika strukturella och funktionella detaljer som beskrivs häri är emellertid bara avsedda för ändamålet att beskriva exempel på utföringsformer. Exempelen på utföringsformer kan emellertid utföras i många alternativa former och bör inte tolkas som att de endast är begränsade till exempel på utföringsformer som framläggs häri.

25 Det skall inses att även om termerna första, andra, osv. kan användas häri för att beskriva olika element, skall dess element inte begränsas av dessa termer. Dessa termer används endast för att särskilja ett element från ett annat. Ett första element skulle till exempel kunna benämnas ett andra element och på liknande sätt skulle ett andra element kunna benämnas ett första element utan avvikelse från omfånget av exempel på utföringsformer. När den används
30 häri innefattar termen "och/eller" samtliga kombinationer av en eller flera av de åtföljande förtecknade posterna.

Det skall inses att när det hänvisas till ett element såsom varande "anslutet till", "kopplat till", "hopparat med", "fäst på" eller "fixerat vid" ett annat element, kan det anslutas eller kopplas direkt till det andra elementet eller också kan mellanliggande element förekomma.
35 När det hänvisas till ett element såsom varande "direktanslutet" eller "direktkopplat" till ett annat element, finns det däremot inga mellanliggande element. Andra ord som används för att beskriva förhållandet mellan element bör tolkas på ett liknande sätt (t.ex. "mellan" jämfört med "direkt mellan", "bredvid" jämfört med "direkt bredvid", osv.).

40 Syftet med terminologin som används häri är endast att beskriva särskilda utföringsformer och är inte avsedd att vara begränsande för exempel på utföringsformer. Såsom använda häri avses singularformerna "en" och "ett" liksom singularändelserna i bestämd form "-en", "-et", "-n", "-t" osv. även innefatta pluralformerna, såvida språket inte uttryckligen anger någonting annat. Dessutom skall det inses att termerna "innefattar", "innefattande", "omfattar", "omfattande", "inbegriper" och/eller "inbegripande", när används häri, specificerar

förekomsten av angivna särdrag, heltal, steg, arbetssteg, element, och/eller komponenter men de utesluter inte förekomst eller tillägg av en/ett eller flera särdrag, heltal, steg, arbetssteg, komponenter och/eller grupper därav.

5 Det skall också noteras att de angivna funktionerna/handlingarna i vissa alternativa implementeringar kan ske i en annan ordning än den som anges i figurerna. Två figurer som visas i följd kan i själva verket utföras väsentligen och samtidigt eller kan ibland utföras i omvänd ordning, beroende på de ingående funktionerna/handlingarna.

10 Fig. 1 är en illustration av en konventionell reaktortrycktank 10 som kan användas med exempel på utföringsformer och exempel på förfaranden. Reaktortrycktanken 10 kan användas i en kommersiell lättvattenreaktor på åtminstone 100 MW som vanligen används för generering av elektricitet i hela världen. Reaktortrycktanken 10 kan anordnas inom en inneslutningsstruktur 411 som används för inneslutning av radioaktivitet i händelse av en olycka och hindrar tillträde till reaktortrycktanken 10 under drift av reaktortrycktanken 10. En hålighet under reaktortrycktanken 10, känd som ett primärutrymme 20 används för härbärgering av 15 utrustning för betjäning av tanken såsom pumpar, dränering, instrumentrör och/eller drivanordningar för styrstavar. Såsom visat i fig. 1 är åtminstone ett instrumentrör 50 utsträckt vertikalt in i reaktortrycktanken 10, och väl in i eller genom härden 15 som innehåller kärnbränsle och förhållandevis stora mängder neutronflöde under driften av härden 15. Instrumentrören 50 kan vara allmänt cylindriska och vidgar sig med reaktortrycktankens 10 20 höjd; men andra geometrier för instrumentrören påträffas ofta inom industrin. Ett instrumentrör 50 kan till exempel ha en inre diameter och/eller spelrum på omkring 0,3 tum.

Instrumentrören 50 kan sluta under reaktortrycktanken 10 i primärutrymmet 20. Instrumentrören 50 möjliggör vanligen insättning av neutrondetektorer och andra typer av 25 detektorer däri genom en öppning vid primärutrymmets 20 nedre ände. Dessa detektorer kan vara utsträckta uppåt genom instrumentrören 50 för att övervaka betingelser i härden 15. Exempel på konventionella övervakningstyper innefattar detektorer med lång räckvidd (wide range detectors (WRNM)), monitorer för källområden (source range monitors (SRM)), monitorer med medellång räckvidd (intermediate range monitors (IRM)), och/eller monitorer för den lokala effektens räckvidd (Local Power Range Monitors (LPRM)).

30 Fastän reaktortrycktanken 10 visas med komponenter som vanligen återfinns i kommersiella kokvattenreaktorer, kan exempel på utföringsformer och förfaranden användas tillsammans med flera olika reaktortyper med instrumentrör 50 eller andra tillträdesrör som är utsträckta in i reaktorn. Tryckvattenreaktorer, tungvattenreaktorer, grafitmodererade reaktorer etc. med en effektklassificering från under 100 Megawatt elektrisk effekt till åtskilliga Gigawatt 35 elektrisk effekt och med instrumentrör på flera andra ställen än de som visas i fig. 1 kan till exempel vara användbara med exempel på utföringsformer och förfaranden. Instrumentrören som är användbara i exempel på förfarandena kan som sådana vara varje utskjutande särdrag av godtycklig geometri runt härden som möjliggör inneslutet tillträde till flödet i härden i flera olika reaktortyper.

40 Sökandena har insett att instrumentrör kan vara användbara för att snabbt och kontinuerligt framställa önskade isotoper i stor skala utan behov av kemisk separation eller isotopseparation och/eller att vänta på avstängning av reaktorn när det gäller kommersiella reaktorer. Exempel på förfaranden kan innefatta insättning av strålmål i instrumentrör och exponering av strålmålen för härden under drift, varigenom strålmålen exponeras mot

neutronflödet som vanligen förekommer när härden är i drift. Flödet i härden kan omvandla en väsentlig del av strålmålen till en användbar radioisotop inbegripet kortlivade radioisotoper som är användbara i medicinska tillämpningar. Strålmål kan sedan tas ut från instrumentrören, även under pågående drift av härden, och avlägsnas för medicinsk och/eller industriell användning.

5 Exempel på tillförselsystem

Exempel på tillförselsystem diskuteras nedan i samband med exempel på en utföringsform av kvarhållningsenheter för strålmål och strålmål som är användbara med dessa, vilka beskrivs utförligt därefter. Det är underförstått att exempel på en utföringsform av kvarhållningsenheter för strålmål kan användas med andra typer av tillförselsystem än dem som
10 beskrivs nedan.

Fig. 2-6 är illustrationer av relaterade system för tillförsel av exempel på en utföringsform av kvarhållningsenheter för strålmål och strålmål in i en kärnreaktor, som beskrivs i den samtidigt löpande ansökningen SE 1 050 867, ingiven samma datum som denna, med titeln "CABLE DRIVEN ISOTOPE DELIVERY SYSTEM", vars innehåll infogas i sin
15 helhet häri genom hänvisning. Exempel på en utföringsform av kvarhållningsenheter för strålmål kan användas med de relaterade systemen som beskrivs i fig. 2-6; men det är underförstått att andra tillförselsystem kan användas med exemplet på utföringsformen av kvarhållningsenheterna för strålmål.

I fig. 2 visas ett relaterat kabeldrivet isotoptillförselsystem 1000 med vars hjälp
20 instrumentrören 50 kan användas för att tillföra exempel på en utföringsform av kvarhållningsenheter för strålmål till en reaktortrycktank 10 (fig. 1). Kabeldrivna isotoptillförselsystem 1000 kan vara i stånd att föra över en kvarhållningsenhet för strålmål från ett lastnings-/avlastningsområde 2000, till ett instrumentrör 50 i en reaktortrycktank 10 och/eller från instrumentröret 50 i reaktortrycktanken 10 till lastnings-/avlastningsområdet
25 2000. Såsom visat i fig. 2 kan kabeldrivna isotoptillförselsystem 1000 innefatta en kabel 100, rörledningar 200a, 200b, 200c och 200d, en drivmekanism 300, en första ledare 400, och/eller en andra ledare 500. Rörledningen 200a, 200b, 200c och 200d kan dimensioneras och konfigureras för att göra det möjligt för kabeln 100 att glida däri. Således kan rörledningen 200a, 200b, 200c och 200d fungera som ledare för kabeln från en punkt i det kabeldrivna
30 isotoptillförselsystemet 1000 till en annan punkt i det kabeldrivna isotoptillförselsystemet 1000. Rörledningen 200a, 200b, 200c och 200d kan till exempel leda kabeln 100 från en punkt utanför inneslutningsstrukturen 411 (fig. 1) till en punkt i instrumentröret 50 innanför inneslutningsstrukturen 411.

Ett exempel på en kabel 100 visas i fig. 3 och 4. Exemplet på kabeln 100 kan ha
35 åtminstone två delar: 1) en förhållandevis lång drivande del 110; och 2) en måldel 120. Kabelns 100 drivande del 110 kan tillverkas av material vars kärnor har lågt tvärsnitt såsom aluminium, kisel och/eller rostfritt stål. Kabelns 100 drivande del 110 kan vara flätad för att öka kabelns 100 böjlighet och/eller hållfasthet så att kabeln 100 kan böjas lättare och vara i stånd att rullas upp på en rulle till exempel. Även om det kan vara lätt att böja kabeln 100, kan kabeln 100
40 dessutom vara tillräckligt styv i axiell led så att kabeln 100 kan tryckas genom rörledningen 200a, 200b, 200c och/eller 200d utan knäckning.

Såsom visat i fig. 4 kan måldelen 120 av exemplet på kabeln 100 innefatta ett flertal exempel på en utföringsform av kvarhållningsenheter för strålmål 122. Måldelen 120 kan vara fäst vid en första ände 114 av den drivande delen 110. Måldelens 120 längd kan variera beroende

på många olika faktorer, inbegripet strålmålets material, storleken av exemplet på utföringsformen av kvarhållningsenheterna för strålmål, mängden strålning för vilken målet förväntas exponeras och/eller instrumentrörens 50 geometri. Som exempel kan måldelen 120 vara omkring 12 fot lång.

5 Med hänvisning till fig. 3-4, kan måldelen 120 innefatta ett första lock 126 vid en första ände 127 på måldelen 120 och ett andra lock 128 vid en andra ände 129 på måldelen 120. Det första locket 126 kan vara konfigurerat för att fästas mot en första ände 114 av drivdelen 110. Drivdelens 110 första ände 114 och det första locket 126 kan utgöra en snabbanslutnings-
10 /snabburkopplingsanslutning. Det första locket 126 kan till exempel innefatta en ihålig del med inre gängor 126a. Drivdelens 110 första ände 114 kan innefatta ett anslutningsdon 113 med yttre gängor som kan vara utformade för att kopplas ihop med det första lockets 126 inre gängor 126a. Fastän exemplet på anslutningen som visas i fig. 3 och 4 är beskriven som en gängad anslutning, kommer fackmannen att känna till olika andra förfaranden för anslutning av kabelns 100 måldel 120 till kabelns 100 drivdel 110.

15 En operatör kan utforma den första ledaren 400 och den andra ledaren 500 så att kabeln 100 kan föras fram till ett önskat mål. Till exempel mellan lastnings-/avlastningsområdet 2000 och instrumentröret 50.

Efter utformning av de första och andra ledarna 400 och 500, kan en operatör manövrera drivmekanismen 300 för att föra fram kabeln 100 genom rörledningen 200a, den
20 första ledaren 400, och den andra rörledningen 200b, för att placera första änden 114 av kabelns 100 drivdel 110 i lastnings-/avlastningsområdet 2000. En operatör kan föra fram kabeln 100 genom att styra en snäckväxel i drivmekanismen 300 som kopplas ihop med kabeln 100. Läget för den första änden 114 av kabelns 100 drivdel 110 kan spåras via markeringar 116 på kabeln 100. Alternativt kan läget för den första änden 114 av kabelns 100 drivdel 110 utrönas från
25 information som samlats in från en omvandlare som kan anslutas till drivmekanismen 300.

Efter att kabeln 100 har placerats i lastnings-/avlastningsområdet 2000 kan exemplet på utföringsformen av kvarhållningsenheterna 122 sedan anslutas till kabeln 100 såsom beskrivet nedan med hänvisning till exemplet på utföringsformen av kvarhållningsenheter. En operatör kan manövrera drivmekanismen 300 för att dra kabeln från lastnings-/avlastningsområdet 2000
30 genom rörledningen 200b och genom den första ledaren 400. Operatören kan sedan omkonfigurera den första ledaren 400 för att sända kabeln 100 och exempel på en utföringsform av enheterna 122 till reaktortrycktanken 10. Efter att den första ledaren 400 har omkonfigurerats, kan operatören föra fram kabeln 100 genom den tredje rörledningen 200c, den andraledaren 500, den fjärde rörledningen 200d och in i ett önskat instrumentrör 50. Läget för den första änden 114 av kabelns 100 drivdel 110 kan spåras via märkningarna 116 på kabeln 100. Alternativt kan läget för den första änden 114 av kabelns 100 drivdel 110 utrönas från
35 information som samlats in från en omvandlare som kan vara ansluten till drivmekanismen 300.

Efter att kabeln 100 som bär exemplet på utföringsformen av kvarhållningsenheter 122 har fört fram till det lämpliga läget inom instrumentröret 50, kan operatören hejda kabeln 100 i
40 instrumentröret 50. Vid denna punkt kan strålmålen inom exemplet på utföringsformen av kvarhållningsenheter för strålmål bestrålas under en lämplig tidsrymd i kärnreaktorn. Efter bestrålningen kan operatören manövrera drivmekanismen 300 för att dra ut kabeln 100 ur instrumentröret 50, den fjärde rörledningen 200d, den andra ledaren 500, den tredje rörledningen 200c och/eller den första ledaren 400.

En operatör kan manövrera drivmekanismen 300 för att föra fram kabeln 100 genom den första ledaren 400, och den andra rörledningen 200b, för att placera den första änden 114 av kabelns 100 drivdel 110 och exemplet på utföringsformen av kvarhållningsenheterna för strålmål 122 i lastnings-/avlastningsområdet 2000. Exemplet på enheterna 122 kan avlägsnas från kabeln 100 och förvaras i ett överföringskärl eller på en annan önskad plats. Ett exempel på överföringskärl kan tillverkas av bly, volfram och/eller utarmat uran för att skärma strålmålen på lämpligt sätt. Fastsättning och lossning av exemplet på utföringsformen av kvarhållningsenheterna 122 kan underlättas genom användning av kameror som kan placeras i lastnings-/avlastningsområdet 2000 för att göra det möjligt för en operatör att inspektera utrustningen visuellt under drift.

Ett alternativt tillförselsystem innefattar användning av ett konventionellt "Transvers-In-core Probe- (TIP)"-system 3000. Ett konventionellt TIP-system 3000 visas i fig. 5. Såsom visat i fig. 5 kan TIP-systemet 3000 innefatta en drivmekanism 3300 för drivning av en kabel 3100 och en rörledning 3200a mellan drivsystemet 3300 och en avskärmd kammare 3400, en rörledning 3200b mellan den avskärmade kammaren 3400 och en ventil 3600, en rörledning 3200c mellan ventilen 3600 och en ledare 3500 och en rörledning 3200d mellan ledaren 3500 och ett instrumentrör 50. Kabeln 3100 kan likna kabeln 100 som beskrivits med hänvisning till fig. 2-4. Ledaren 3500 i det konventionella TIP-systemet 3000 kan leda en TIP-sensor till en önskat instrumentrör 50. Den avskärmade kammaren 3400 kan likna en tunna fylld med små blykuler. I den avskärmade kammaren 3400 kan TIP-sensorn förvaras när den inte används i reaktortrycktanken 10. Ventilen 3600 är en säkerhetsanordning som används med TIP-systemet 3000.

Eftersom TIP-systemet 3000 innefattar ett rörledningssystem 3200a, 3200b, 3200c och 3200d och/eller en ledare 3500 för ledning av en kabel 3100 in i instrumentröret 50, kan dessa system användas som ett exempel på en tillförselmekanism för exemplet på utföringsformen av kvarhållningsenheter för strålmål och strålmål som förvaras däri.

I fig. 6 visas ett exempel på ett tillförselsystem som innefattar ett modifierat TIP-system 4000. Såsom visat i fig. 6 liknar det modifierade TIP-systemet 4000 det konventionella TIP-systemet 3000 som visas i fig. 5, med en ledare 4100 införd mellan skärmkammareväggen 3400 och ventilerna 3600 på det konventionella TIP-systemet 3000. Ledaren 4100 kan användas som en tillträdespunkt för införsel av en kabel, till exempel kabeln 100, i det modifierade TIP-systemet 4000. Såsom visat i fig. 6 kan drivsystemet 300 (fig. 2) placeras parallellt med det modifierade TIP-systemets 4000 drivsystem 3300. Drivsystemet 300 kan innefatta en rulle 320 för förvaring av kabel på vilken kabeln 100 kan lindas. Röret 200a kan vara utsträckt från drivsystemet 3300 till den första ledaren 400 som kan rikta kabeln 100 till en önskad plats. En operatör kan till exempel konfigurera en första ledare 400 för att rikta kabeln 100 mot ett lastnings-/avlastningsområde 2000 via rörledningen 200b genom att styra en roterande cylinder i den första ledaren 400 för att bringa en andra ände av rörledningen 200b i linje med en lämplig utgångspunkt. Snarare än att ha en utgångspunkt som kan rikta kabeln 100 mot den andra ledaren 500 (fig. 2), kan den första ledaren 400 i det modifierade TIP-systemet 4000 istället konfigureras för att rikta kabeln 100 till ledaren 4100. På detta sätt kan den första ledaren 400 leda kabeln 100 in i TIP-systemets rörledning 3200a, b, c, d via ledaren 4100.

Kabeln 100 bör dimensioneras för att fungera med den befintliga rörledningen i exempel på tillförselsystem och möjliggöra genomgång för exempel på en utföringsform av

kvarhållningsenheter för strålmål. Rörledningens 3200a, 3200b, etc. innerdiameter kan till exempel uppgå ungefär till 0,27 tum. Följaktligen kan kabeln 100 dimensioneras så att dimensionerna vinkelrätt mot kabeln 100 inte överskrider 0,27 tum.

5 Exempel på en utföringsform av kvarhållningsenheter för strålmål

Då exempel på tillförselsystem har beskrivits, kommer nu exempel på en utföringsform på kvarhållningsenheter för strålmål som kan användas med dessa att beskrivas. Det är underförstått att exempel på kvarhållningsenheter kan konfigureras/dimensioneras/formas/etc. för att växelverka med exemplen på tillförselsystem som diskuterats ovan, men exempel på 10 kvarhållningsenheter kan även användas i andra tillförselsystem och förfaranden för att bestrålas i en kärnreaktor.

Fig. 7 är en illustration av ett första exempel på en utföringsform av en kvarhållningsenhet för strålmål 122a. Såsom visat i fig. 7 har kvarhållningsenheten för strålmålet 122a sådana dimensioner att den kan sättas in i instrumentrören 50 (fig. 1) som används i 15 konventionella kärnreaktorer och/eller genom varje rörledning som används i tillförselsystem. Kvarhållningsenheten för strålmål 122a kan till exempel ha en maximal ytterdiameter 137 på en tum eller mindre. Fastän kvarhållningsenheten för strålmål 122a visas som cylindrisk, kan alternativt flera olika lämpligt dimensionerade former, inbegripet, hexaedrar, koner och/eller prismaformer användas för kvarhållningsenheten för strålmål 122a.

Exempel på en utföringsform av en kvarhållningsenhet för strålmål 122a kan innefatta 20 ett eller flera hål 135 som är delvis utsträckta in i enheten 122a i axiell riktning från den övre änden/ytan 138. Alternativt kan hål 135 vara utsträckta in i enheten 122a runt omkretsen eller från andra lägen. Hålen 135 kan anordnas i varje mönster och antal så länge som den strukturella sammanhållningen av exemplet på utföringsformen av kvarhållningsenheterna för 25 strålmål bevaras. Hålen 135 själva kan uppvisa många olika dimensioner och former. Hålen 135 kan till exempel smalna av med avståndet från den övre ytan 138 och/eller ha avrundade bottenar och kanter etc. Exemplet på enheten 122a kan tillverkas av ett material som är konfigurerat för att behålla sin strukturella sammanhållning när det exponeras för de flöden som förekommer i 30 en kärnreaktor i drift. Exemplet på enheten 122a kan till exempel tillverkas av zirkoniumlegering, rostfritt stål, aluminium, nickellegering, kisel, grafit och/eller Inconel osv.

Strålmålet 130 kan sättas in i ett eller flera hål 135 i varje önskat antal och/eller mönster. Strålmålet 130 kan uppvisa många olika konfigurationer och fysiska former. Strålmålen 130 kan till exempel vara små filspån, avrundade pelletar, vajrar, vätskor och/eller gaser. Strålmålen 130 35 kan vara dimensionerade så att de passar i hålen 135 och/eller hålen 135 kan vara dimensionerade och formade så att de kan innehålla strålmålen 130. Dessutom kan exemplet på utföringsformen av kvarhållningsenheten för strålmål 122a tillverkas av och/eller inom sig innehålla strålmålsmaterial, så att det blir strålmål i sig självt. Strålmålen 130 kan vidare vara förseglade behållare av material som är konstruerat för att väsentligen bibehålla sina fysikaliska 40 egenskaper och neutronegenskaper när det exponeras för neutronflödet i en reaktor i drift. Behållarna kan innehålla ett fast, vätskeformigt och/eller gasformigt strålmål och/eller framställd radioisotop för att tillhandahålla ett tredje inneslutningslager för strålmål 130 inom exemplet på utföringsformen av kvarhållningsenheten 122a.

En kåpa 131 kan fästas på den övre änden/ytan 138 och försegla strålmålen 130 i hålen 135. Kåpan 131 kan fästas mot den övre änden 138 på åtskilliga kända sätt. Kåpan 131 kan till

exempel svetsas direkt på den övre änden 138 eller också kan kåpan 131 till exempel skruvas på den övre änden 138 via gängor på exemplet på kvarhållningsenheten 122a och/eller inom enskilda hål 135. Även om kåpan 131 visas som dimensionerad för att täcka ett enda hål 135, är det underförstått att kåpan kan täcka åtskilliga eller alla hål 135, för att försegla strålmålen 130 i flera hål 135. Kåpan 131 kan till exempel vara ringformig och försegla alla hål 135 som är radiellt placerade i exemplet på kvarhållningsenhet 122a men lämna ett hål i mitten 135 eller hålet 136 oförseglat. I alla dessa fastsättningar kan kåpan 131 hålla kvar strålmålen 130 inom hålet 135 och möjliggöra enkel borttagning av kåpan 131 för inneslutning och skörd av önskade, fasta, vätskeformiga eller gasformiga radioisotoper och dotterprodukter från strålmålen 130.

Såsom visat i fig. 7 kan det första exemplet på utföringsformen av kvarhållningsenheten för strålmål 122a vidare innefatta ett hål 136 som är utsträckt genom enheten 122a. Hålet 136 kan dimensioneras för att fånga in en vajer 124 (fig. 4) och göra det möjligt för exemplet på kvarhållningsenheten 122a att glida på vajern 124. På liknande sätt kan hålet 136 vara gängat eller ha andra interna konfigurationer som gör det möjligt för enheten 122a att anslutas till och/eller förflyttas längs kabeln 100 (fig. 2). På detta sätt kan en eller flera kvarhållningsenheter 122a placeras i ett tillförselsystem, såsom de som visas i fig. 2-6, och med framgång tillföras till ett instrumentrör 50 för att bestrålas.

Fig. 8 är en illustration av ett multipelt exempel på en utföringsform av kvarhållningsenheter för strålmål 122a som kan användas i kombination. Såsom visat i fig. 8 kan flera enheter 122a placeras i serie på en vajer 124 eller på någon annan fastsättningsmekanism mot ett tillförselsystem. Exemplet på enheter 122a kan staplas tätt mot andra exempel på enheter 122a på en vajer 124. Ett böjligt vidhäftande band 139 kan dessutom på ett böjligt sätt hålla ihop exemplet på enheter 122a. Det böjliga vidhäftande bandet 139 kan tillåta en viss relativ rörelse för exemplet på kvarhållningsenheter 122a för krökar i rörledningen 200a, b, c, d. Dessutom kan exempel på kvarhållningsenheter 122a uppvisa en längd som möjliggör genomgång genom krökar i rörledningen 200a, b, c, d utan att de fastnar i rörledningen genom friktion.

Om en stapel av exempel på utföringsformen av enheterna 122a väsentligen befinner sig i jämnhöjd med varandra på kabeln 124, på grund av att hålen 135 kanske inte går igenom exemplen på enheter 122a helt och hållet, kan varje enhets bottenyta vara väsentligen plan för att underlätta en inneslutande försegling mot ett annat exempel på enhet 122a som är staplad omedelbart undertill. På detta sätt kan strålmålen 130 inneslutas inom hål 135 med eller utan en ytterligare kåpa 131.

Fig. 9 är en illustration av ett andra exempel på en utföringsform av en kvarhållningsenhet för strålmål 122b. Såsom visat i fig. 9 kan ett exempel på en utföringsform av en kvarhållningsenhet för strålmål 122b vara ett allmänt ihåligt, förseglat rör som innehåller ett eller flera strålmål 130. Strålmålen 130 kan dessutom vara förseglade i en inneslutningsanordning inom exemplet på enheten 122b för att tillhandahålla en ytterligare inneslutningsnivå och/eller skilja olika typer av mål och producerade dotterprodukter. Strålmål 130 kan fästas mot en sidovägg 133 på ett exempel av en enhet 122b för att hålla strålmålet 130 på plats. Alla typer av kända fäst-/anslutningsanordningar kan användas för att ansluta strålmålet 130 på sidoväggen 133.

Exemplet på utföringsformen av kvarhållningsenheten för strålmål 122b har sådana dimensioner att det kan sättas in i instrumentrören 50 (fig. 1) som används i konventionella

kärnreaktorer och/eller genom varje rörledning 200a, b, c, d som används i tillförselsystem. Kvarhållningsenheten för strålmål 122b kan till exempel ha en maximal ytterdiameter på en tum eller mindre. Fastän kvarhållningsenheten för strålmål 122b visas som cylindrisk, kan flera olika lämpligt dimensionerade former, inbegripet, hexaedrar, koner och/eller prismaformer användas
 5 för kvarhållningsenheten för strålmål 122b. På liknande sätt kan kvarhållningsenheten för strålmål 122b ha en längd som gör det möjligt för den att gå igenom alla krökar i en rörledning 200a, b, c, d utan att fastna.

Exempel på utföringsformen av kvarhållningsenheten för strålmål 122b kan tillverkas av ett material som är utformat för att bibehålla sin strukturella sammanhållning när det exponeras för flöden som förekommer i en kärnreaktor i drift. Exemplet på enheten 122b kan
 10 till exempel tillverkas av aluminium, kisel, rostfritt stål osv. Alternativt kan exempel på utföringsformen av kvarhållningsenheten för strålmål 122b tillverkas av ett böjligt material som tillåter en viss böjning/deformation genom krökar i rörledningen 200a, b, c, d, inbegripet till exempel högttemperaturplast. Som ett ytterligare alternativ kan exemplet på utföringsformen av
 15 kvarhållningsenheten för strålmål 122b i sig själv tillverkas av ett strålmålsmaterial.

Exemplet på utföringsformen av kvarhållningsenheten för strålmål 122b kan dessutom innefatta ett första lock 126 som är konfigurerad för att ansluta enheten 122b till kabelns 100 drivdel 110 (fig. 3). Det första locket 126 kan till exempel vara gängat med inre gängor 126a för att anslutas till ett motsatt gängat anslutningsdon 113 på kabeln 100. På detta sätt kan exemplet
 20 på utföringsformen av kvarhållningsenheten för strålmål 122b anslutas till exemplet på tillförselsystem som beskrivs i fig. 3 och tillföras till ett instrumentrör 50 för bestrålning i en kärnreaktor i drift.

Exempel på utföringsformer kvarhållningsenheter för strålmål 122 kan tillåta att flera olika typer och faser av strålmål 130 placeras i varje enhet 122. Eftersom åtskilliga exempel på
 25 enheter 122a, b kan placeras på exakta axiella nivåer inom ett instrumentrör 50, kan det vara möjligt att tillhandahålla en mer exakt mängd/typ av strålmål 130 vid en särskild axiell nivå inom instrumentröret 50. Eftersom flödets axiella profil kan vara känd i reaktorn i drift, kan detta möjliggöra en mer exakt alstring och mätning av användbara radioisotoper i strålmål 130 som placerats inom exemplet på utföringsformen av kvarhållningsenheterna för strålmål. Då
 30 exempel på utföringsformer av kvarhållningsenheter för strålmål har beskrivits, kommer nu exempel på strålmål som kan användas däri att beskrivas nedan.

Exempel på strålmål

Ett strålmål är ett mål som bestrålas i syfte att alstra radioisotoper. Följaktligen faller
 35 sensorer som kan bestrålas med en kärnreaktor och som kan alstra radioisotoper inte inom omfånget för termen mål såsom använd här i eftersom deras syfte är att detektera reaktorns tillstånd snarare än att alstra radioisotoper.

Flera olika radioisotoper kan alstras i exempel på utföringsformer och exempel på
 40 förfaranden. Exempel på utföringsformer och exempel på förfaranden kan ha en särskild fördel i det att de möjliggör alstring och skörd av kortlivade radioisotoper under en förhållandevis kort tidrymd jämfört med de framställda radioisotopernas halveringstider, utan avstängning av en kommersiell reaktor, vilket eventuellt är en mycket dyr process, och utan riskfyllda och långvariga isotopextraktionsprocesser och/eller kemiska extraktionsprocesser. Fastän kortlivade radioisotoper med diagnostiska och/eller terapeutiska tillämpningar kan framställas

med exempel på enheter och förfaranden, kan radioisotoper med industriella tillämpningar och/eller långa halveringstider också alstras. Vidare kan strålmålen 130 väljas ut på basis av sitt förhållandevis mindre neutrontvärsnitt, för att inte på något väsentligt sätt störa den nukleära kedjereaktionen som sker en reaktorhård i en kommersiell kärnreaktor i drift.

- 5 Det är till exempel känt att molybden-98 kan omvandlas till molybden-99 med en halveringstid på ungefär 2,7 dagar vid exponering för en särskild mängd neutronflöde. Molybden-99 sönderfaller i sin tur till teknetium-99m med en halveringstid på ungefär 6 timmar. Teknetium-99m har åtskilliga specialiserade medicinska användningar, inbegripet medicinsk avbildning och cancerdiagnos och en kort halveringstid. Genom användning av strålmål 130
- 10 som tillverkats av molybden-98 och som exponerats för ett neutronflöde i en reaktor i drift på basis av strålmålets 130 storlek, kan molybden-99 och/eller teknetium-99m alstras och skördas i exempel på en utföringsform av enheter och förfaranden genom bestämning av massan av strålmålet som innehåller Mo-98, målets axiella läge i reaktorhärden i kärnreaktorn i drift, reaktorhårdens axiella profil i kärnreaktorn i drift och längden av strålmålets exponeringstid.
- 15 I tabell 1 nedan förtecknas olika kortlivade radioisotoper som kan alstras i exempel på förfaranden i ett lämpligt strålmål 130. Den längsta halveringstiden för de förtecknade kortlivade radioisotoperna kan uppgå till ungefär 75 dagar. Med tanke på att avstängning av reaktorn och borttagning av förbrukat bränsle kan ske så sällan som vartannat år, och eftersom extraktionen och skörden av radioisotoperna från bränslet kräver avsevärda behandlings- och
- 20 avsvälningstider, skulle de nedan förtecknade radioisotoperna inte kunna framställas och skördas på något genomförbart sätt från konventionellt förbrukat kärnbränsle.

Tabell 1 - Förteckning över möjliga producerade radioisotoper

| <u>Modermaterial</u> | <u>Framställd radioisotop</u> | <u>Halveringstid (ungefärlig)</u> | <u>Möjlig användning</u> |
|----------------------|-------------------------------|---------------------------------------|---|
| Molybden-98 | Molybden-99 | 2,7 dagar | Avbildning av cancer och svårgenomträngliga organ |
| Krom-50 | Krom-51 | 28 dagar | Inmärkning av blodceller och störningar i mag-tarmkanalen |
| Koppar-63 | Koppar-64 | 13 timmar | Studier av Wilsons och Menkes sjukdomar |
| Dysprosium-164 | Dysprosium-165 | 2 timmar | Synovektomibehandling av artrit |
| Erbium-168 | Erbium-169 | 9,4 dagar | Lindring av artrit smärta |
| Holmium-165 | Holmium-166 | 27 timmar | Behandling av levercancer och -tumörer |
| Jod-130 | Jod-131 | 8 dagar | Sköldkörtelcancer och användning i beta-behandling |
| Iridium-191 | Iridium-192 | 74 dagar | Cancerbehandling genom intern strålbehandling |
| Järn-58 | Järn-59 | 46 dagar | Studier av järnomsättning och störningar i mjälten |
| Lutetium-176 | Lutetium-177 | 6,7 dagar | Avbildning och behandling av endokrina tumörer |
| Palladium-102 | Palladium-103 | 17 dagar | Brakyterapi för prostatacancer |
| Fosfor-31 | Fosfor-32 | 14 dagar | Behandling av polycytemia vera |
| Kalium-41 | Kalium-42 | 12 timmar | Studier av blodflödet i kranskärlen |
| Rhenium-185 | Rhenium-186 | 3,7 dagar | Skelettcancerbehandling |
| Samarium-152 | Samarium-153 | 46 timmar | Smärtlindring vid sekundär cancer |
| Selen-74 | Selen-75 | 120 dagar | Studier av matsmältningsenzymer |
| Natrium-23 | Natrium-24 | 15 timmar | Studier av elektrolyter |
| Strontium-88 | Strontium-89 | 51 dagar | Smärtlindring vid prostata- och skelettcancer |
| Ytterbium-168 | Ytterbium-169 | 32 dagar | Studier av cerebrospinalvätska |
| Ytterbium-176 | Ytterbium-177 | 1,9 timmar | Används för framställning av Lu-177 |
| Yttrium-89 | Yttrium-90 | 64 timmar | Brakyterapi av cancer |

5 Tabell 1 är inte någon fullständig förteckning av radioisotoper som kan framställas i exempel på utföringsformer och exempel på förfaranden utan illustrerar snarare några radioisotoper som kan användas i medicinska behandlingar inbegripet cancerbehandling. Med lämpligt val av mål kan nästan varje radioisotop framställas och skördas för användning genom exempel på utföringsformer och förfaranden.

10 Genom exempel på utföringsformer som sålunda har beskrivits, kommer fackmannen att inse att exemplen på utföringsformer kan varieras genom rutinmässigt experimenterande och utan ytterligare innovativ verksamhet. Variationer skall inte betraktas som avvikelser från andan

och omfånget för exempel på utföringsformer, och alla sådana modifieringar som skulle vara uppenbara för fackmannen avses ingå inom de följande kravens omfång.

PATENTKRAV

1. Kvarhållningssystem för strålmål innefattande:

en kvarhållningsenhet för strålmål (122), dimensionerat för att passa inom ett instrumentrör (50) i en kärnreaktor och att passa inom en rörledning (200) i ett tillförselsystem (1000), varvid kvarhållningsenheten för strålmål (122) innefattar:

ett första hål (135) för inneslutning av ett första strålmål (130);

ett andra hål (135) för inneslutning av ett andra strålmål (130);

10 varvid minst ett av de första och andra hålen (135) inte helt går genom kvarhållningsenheten för strålmål (122).

2. System enligt krav 1, varvid kvarhållningsenheten för strålmål (122) är tillverkad av ett material som är konfigurerat för att väsentligen bibehålla sina fysikaliska egenskaper och sina neutronegenskaper när det exponeras för ett neutronflöde.

15 3. System enligt krav 1, varvid kvarhållningsenheten för strålmål (122) är tillverkad av ett material av åtminstone ett av de första och andra nämnda strålmålen.

4. System enligt krav 1, varvid minst ett av strålmålen (130) är åtminstone ett av molybden-98, krom-50, koppar-63, dysprosium-164, erbium-168, holmium-165, järn-58, lutetium-176, palladium-102, fosfor-31, kalium-41, rhenium-185, samarium-152, selen-74, natrium-23, strontium-88, ytterbium-168, ytterbium-176, yttrium-89, iridium-191 och kobolt-59.

5. Kvarhållningssystem för strålmål innefattande:

25 en kvarhållningsenhet för strålmål (122), dimensionerat för att passa inom ett instrumentrör (50) i en kärnreaktor och att passa inom en rörledning (200) i ett tillförselsystem (1000), varvid kvarhållningsenheten för strålmål (122) innefattar:

ett första hål (135) för inneslutning av ett första strålmål (130):

ett andra hål (135) för inneslutning av ett andra strålmål (130):

~~System enligt krav 1,~~ varvid kvarhållningsenheten för strålmål (122) definierar åtminstone ett hål (136) som passerar genom

- 5 kvarhållningsenheten för strålmål (122), varvid hålet (136) uppvisar en diameter som är konfigurerad för att säkra kvarhållningsenheten för strålmål (122) mot en vajer (124) i tillförselsystemet (1000).
6. System enligt krav 1, varvid kvarhållningsenheten för strålmål (122) är tillverkad av åtminstone en/ett av zirkoniumlegering, rostfritt stål,
10 aluminium, nickellegering, kisel, grafit och Inconel.
7. System enligt krav 1, varvid det första strålmålet (130) uppvisar en annan fysisk form än det andra strålmålet (130).
8. System enligt krav 1, varvid det första strålmålet (130) är ett fast material och det andra strålmålet (130) är en vätska.
- 15 9. System enligt krav 1, även innefattande:

en kåpa (131) för försegling av det första strålmålet (130) i det första hålet (135).
10. System enligt krav 1, även innefattande:

en kåpa (131) för försegling av det första strålmålet (130) i det första hålet
20 (135) och det andra strålmålet (130) i det andra hålet (135).
11. System enligt krav 10, varvid kåpan lämnar åtminstone ett hål (136) som är utsträckt genom kvarhållningsenheten för strålmål (122) oförseglat.
12. Isotoptillförselsystem (1000), innefattande:

en kabel (100);

en kvarhållningsenhet för strålmål (122) som är ansluten till kabeln (100), varvid kvarhållningsenheten för strålmål (122) innefattar:

ett första hål (135) för inneslutning av ett första strålmål (130); och

ett andra hål (135) för inneslutning av ett andra strålmål (130);

5 varvid minst ett av de första och andra hålen (135) inte helt går igenom kvarhållningsenheten för strålmål (122);

ett drivsystem (300) som är konfigurerat för att flytta kabeln (100) och kvarhållningsenheten för strålmål (122) i in i ett instrumentrör (50) i kärnreaktorn; och

10 en ledare (400/500) som är konfigurerad för att leda kabeln (100) och kvarhållningsenheten för strålmål (122) till och från instrumentröret (50) i kärnreaktorn.

13. System enligt krav 12, varvid kabeln (100) innefattar en drivdel (110) och en måldel (120), varvid måldelen (120) är direkt ansluten till
15 kvarhållningsenheten för strålmål (122).

14. Förfarande för framställning av isotoper i en kärnreaktor med ett kvarhållningssystem för strålmål, varvid förfarandet innefattar:

insättning av ett första strålmål (130) i ett första hål (135) av en kvarhållningsenhet för strålmål (122);

20 insättning av ett andra strålmål (130) i ett andra hål (135) av kvarhållningsenheten för strålmål (122); varvid minst ett av de första och andra hålen (135) inte helt går igenom kvarhållningsenheten för strålmål (122);

25 insättning av kvarhållningsenheten för strålmål (122) i ett instrumentrör (50) i en kärnreaktor;

bestrålning av det första och andra strålmålet (130);

borttagning av kvarhållningsenheten för strålmål (122) från kärnreaktorn;
och

skörd av en första framställd isotop från kvarhållningsenheten för strålmål
(122), varvid den första framställda isotopen framställts från det bestrålade
5 första strålmålet (130).

15. Förfarande enligt krav 14, varvid insättningen av kvarhållningsenheten
för strålmål (120) i instrumentröret (50) innefattar fastsättning av
kvarhållningsenheten för strålmål (122) på en kabel (100), tryckning av
kabeln (100) genom en första ledare (400) och in i instrumentröret (50)
10 under användning av ett drivsystem.

FIG. 1
KÄND TEKNIK

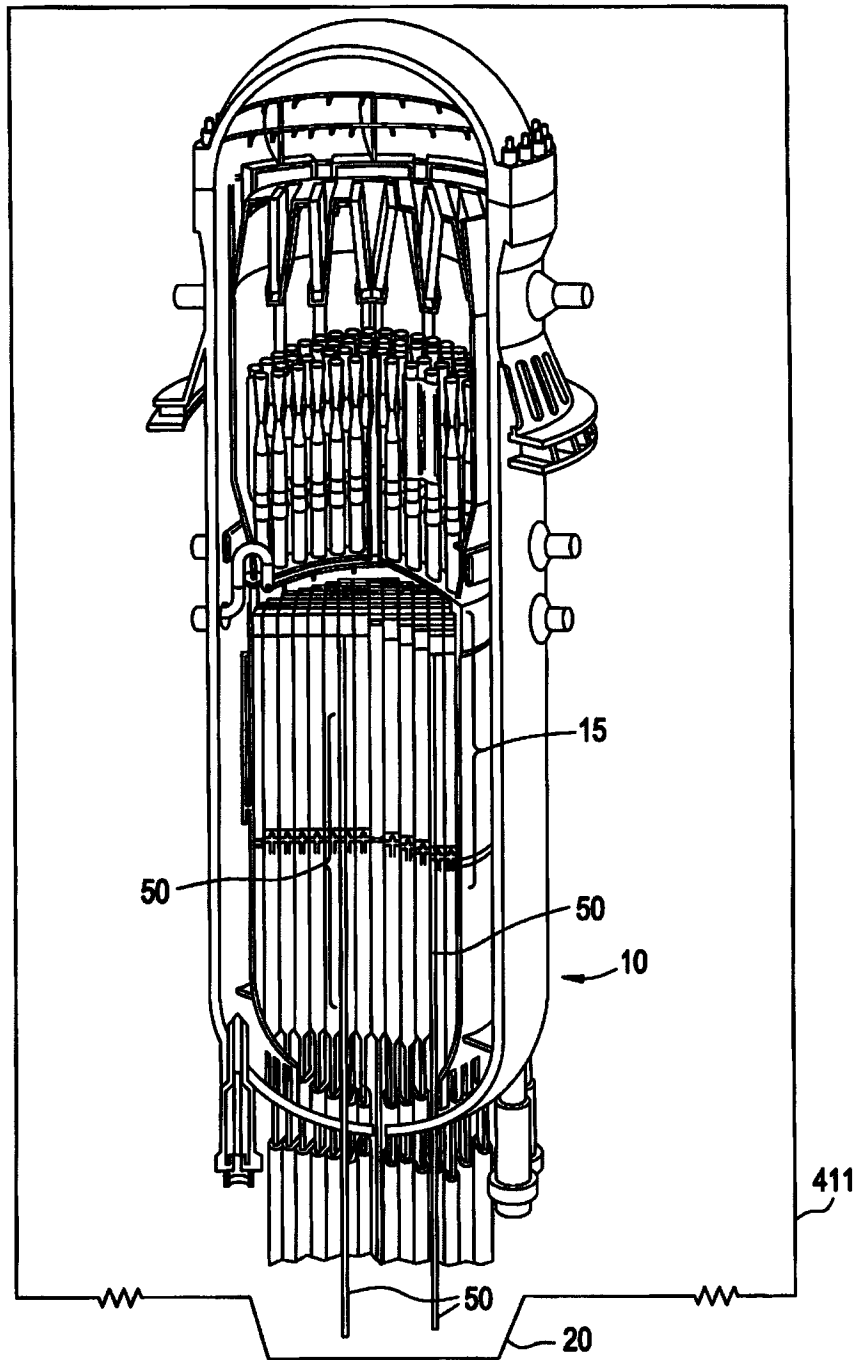


FIG. 2

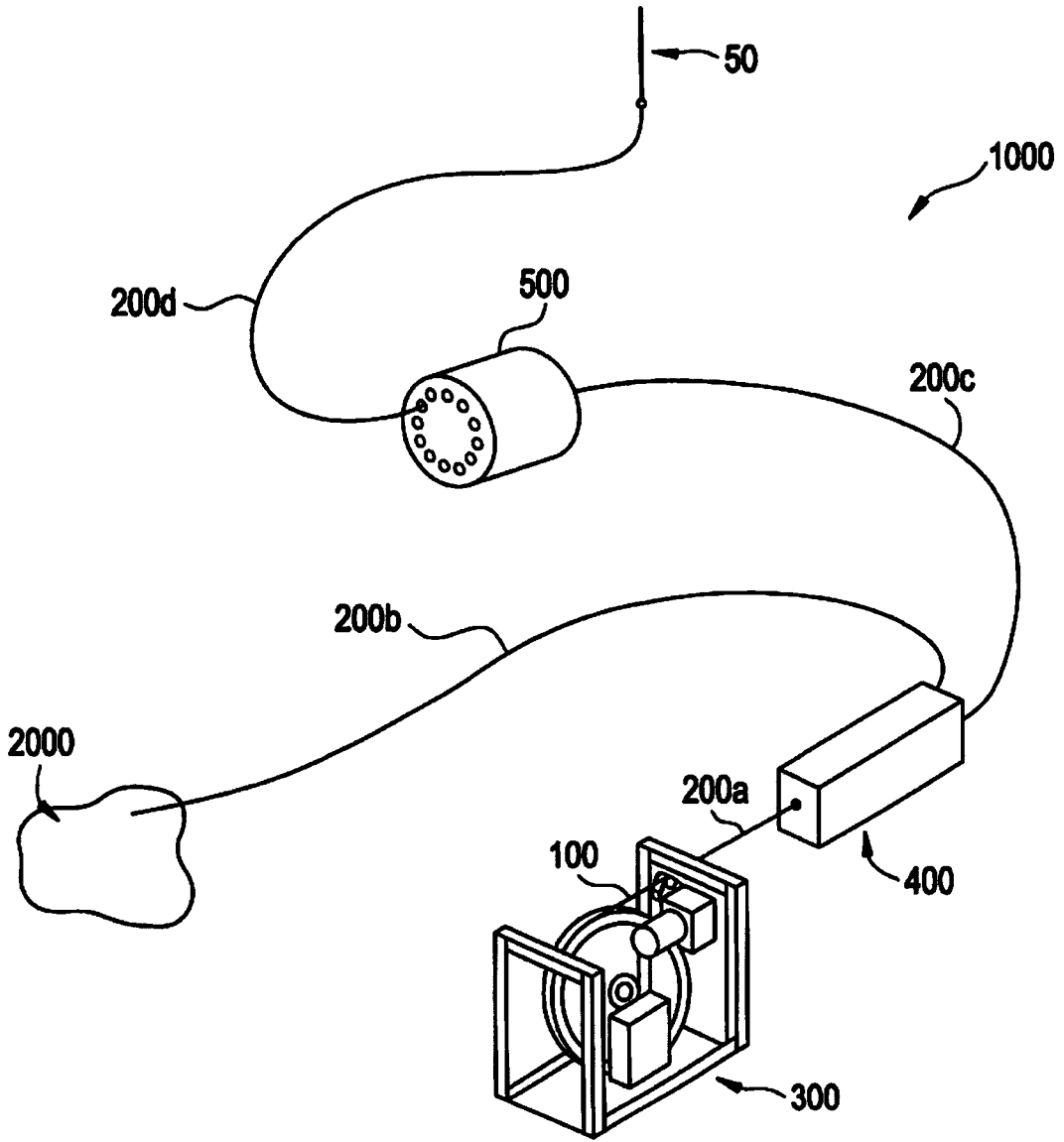


FIG. 3

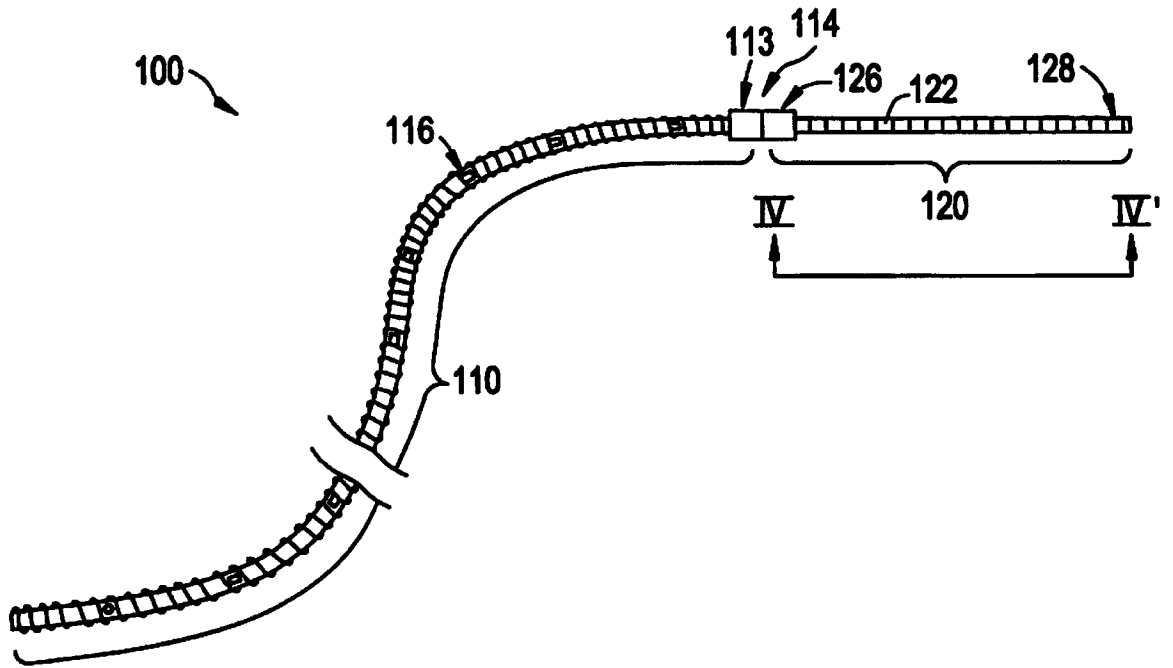


FIG. 4

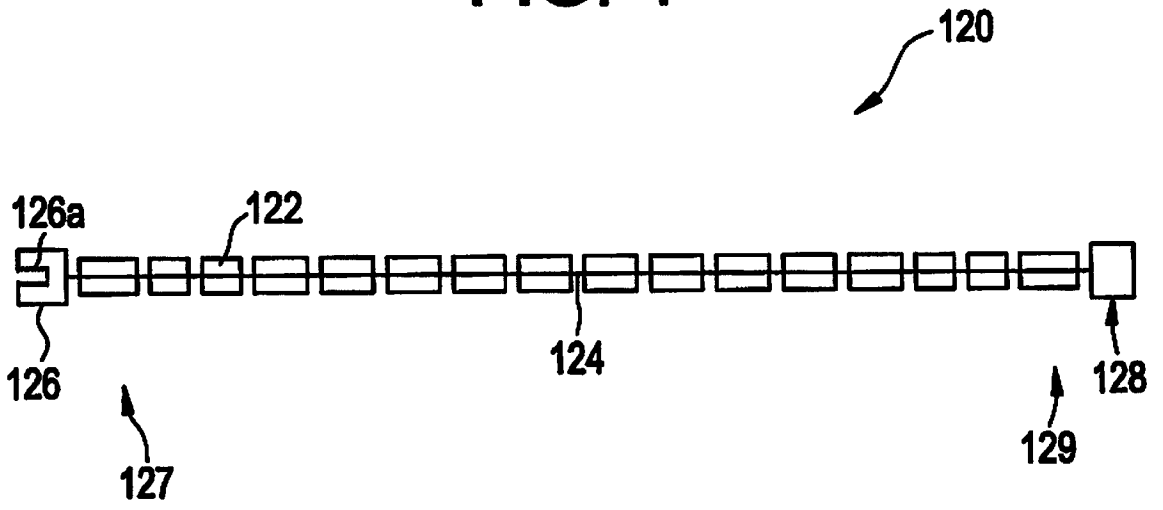


FIG. 5
KÄND TEKNIK

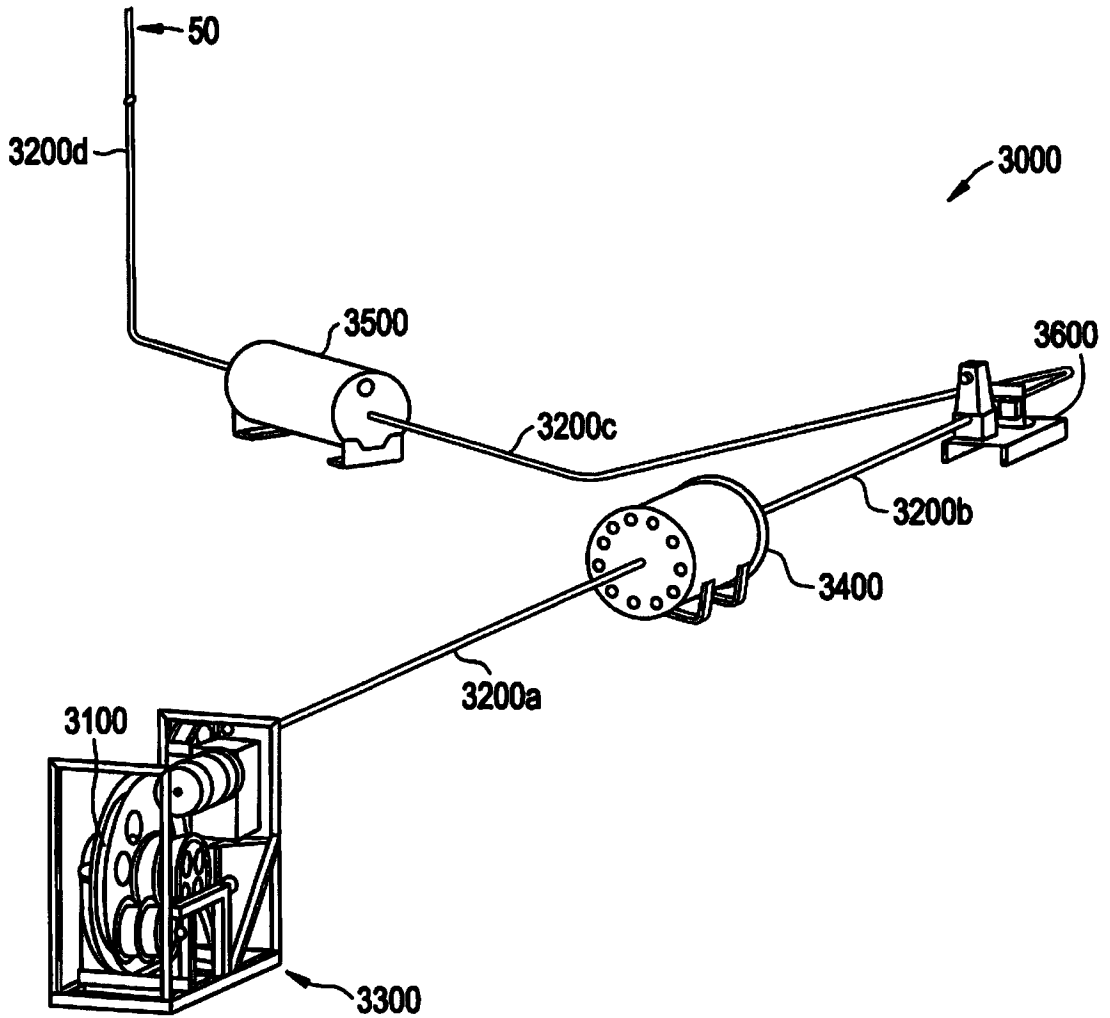


FIG. 6

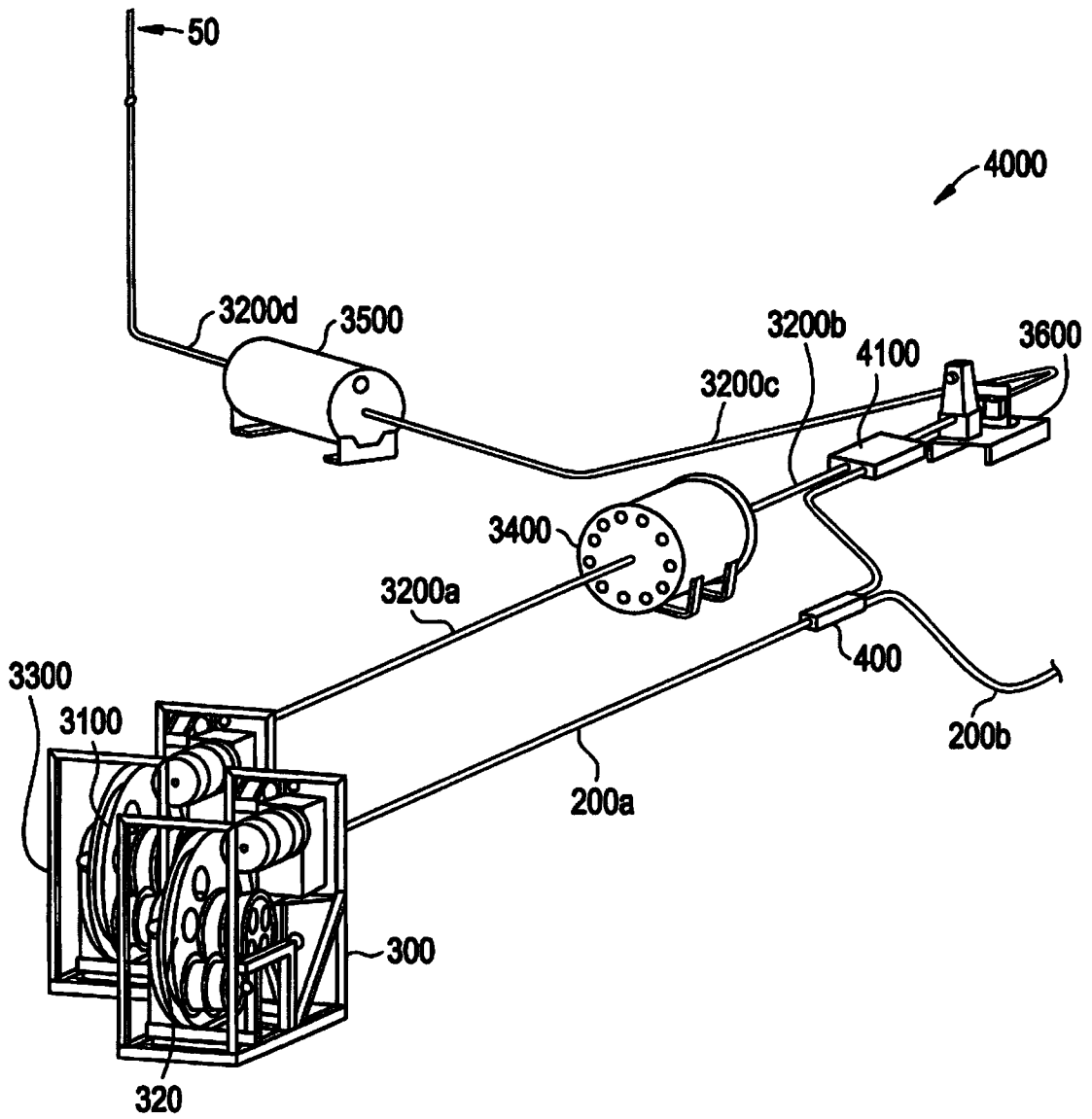


FIG. 7

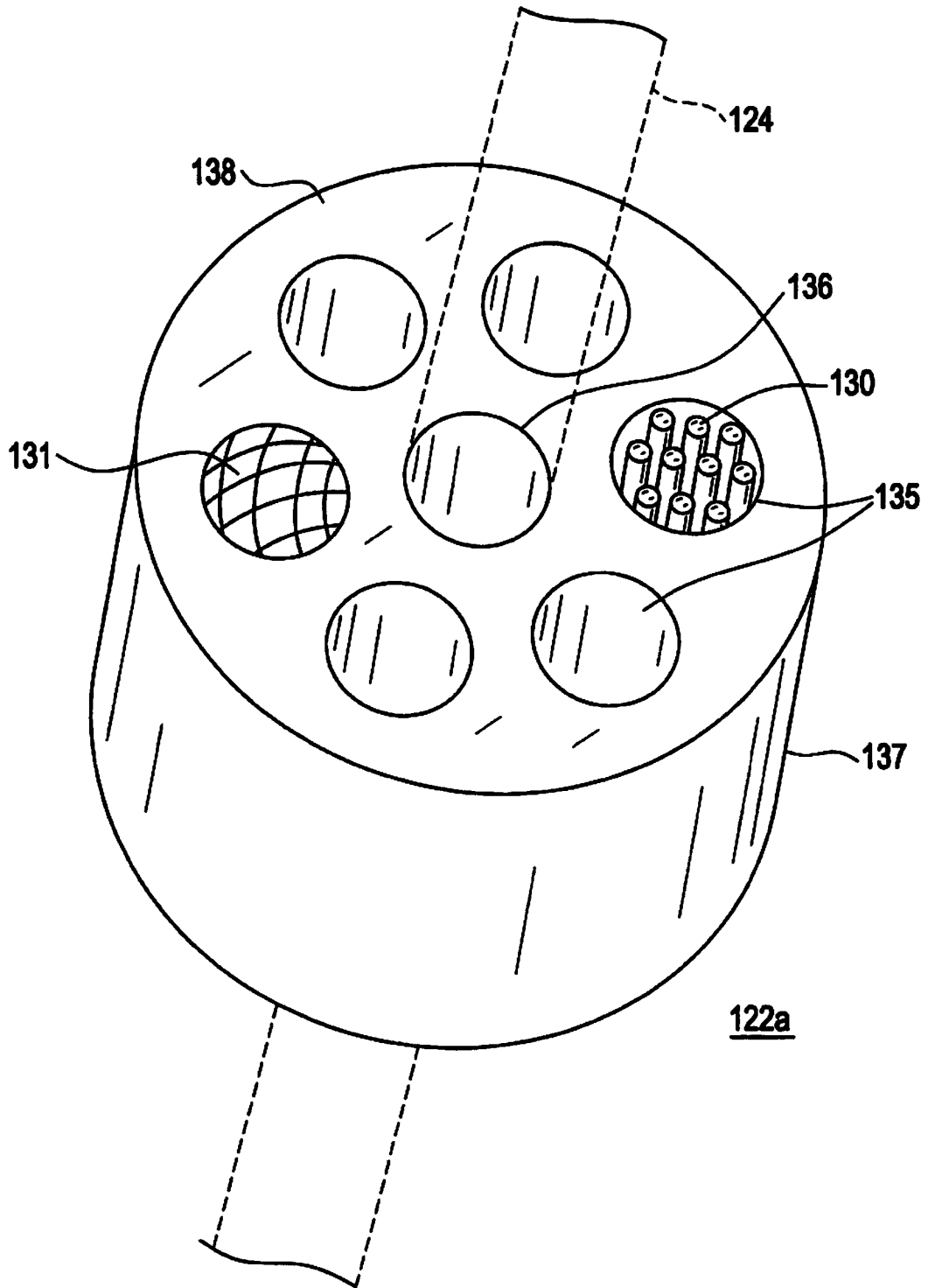


FIG. 8

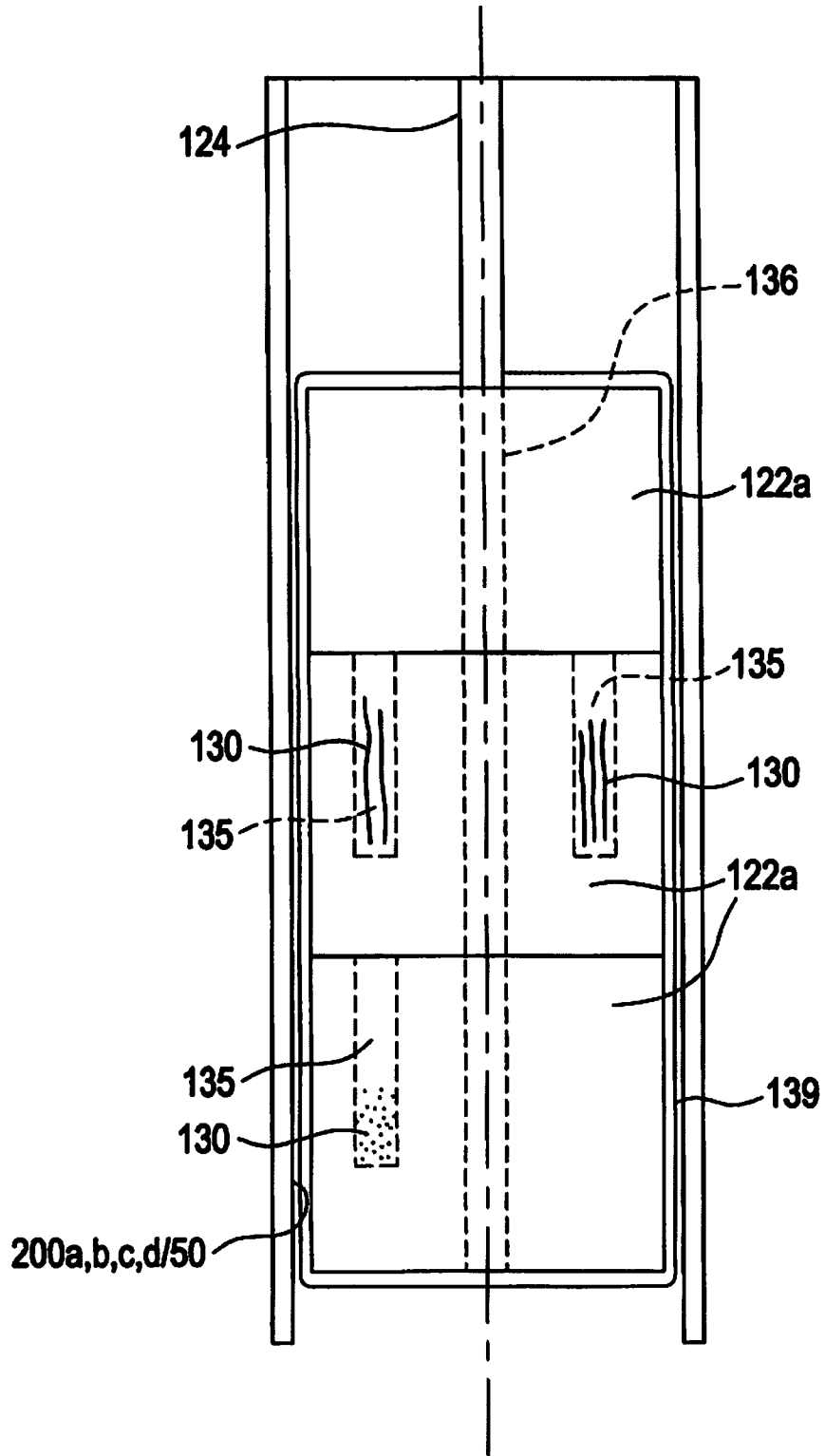


FIG. 9

