



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2012 00785

(22) Data de depozit: 02.11.2012

(30) Prioritate:
03.11.2011 US US, 61/555 375

(41) Data publicării cererii:
30.06.2014 BOPI nr. 6/2014

(71) Solicitant:
• ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED,
SP1, 3RD FLOOR, E358, 2251 SPEAKMAN
DRIVE, MISSISSAUGA, ONTARIO, CA

(72) Inventatori:
• JAROSLAW JAN GOSZCZYNSKI, 1482
POSTMASTER DRIVE, ONTARIO,
OAKVILLE, CA

(74) Mandatar:
NESTOR NESTOR DICULESCU
KINGSTON PETERSEN - CONSILIERE ÎN
P.I. S.R.L., ȘOS. BUCUREȘTI PLOIEȘTI
NR. 1A, BUCHAREST BUSINESS PARK,
CORP A, ET. 1, CAMERELE 9 ȘI 10,
BUCUREȘTI

(54) APARAT ȘI METODĂ PENTRU DETECTAREA POZIȚIEI UNUI
DISTANȚIER INELAR DINTRE TUBURI CONCENTRICE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un aparat și la o metodă pentru detectarea poziției unui distanțier inelar dintre niște tuburi concentrice, care formează niște canale de combustibil ale unui reactor nuclear, cum ar fi, de exemplu, un reactor CANDU. Aparatul conform invenției cuprinde un ansamblu (136) cap de sondare, mobil într-un tub (TP 36) de presiune interior, cel puțin un senzor (144) de temperatură, cuplat la ansamblul (136) cap de sondare, și configurat să detecteze o temperatură a unei suprafețe interioare a tubului (TP 36) interior, un ansamblu de antrenare operabil să deplaseze ansamblul (136) cap de sondare în raport cu tubul (TP 36) interior, și un sistem (SAD) de achiziție a datelor, cuplat la cel puțin un senzor (144) de temperatură, și configurat să recepționeze o multitudine de măsurători de temperatură, în vederea identificării cel puțin a unei poziții de-a lungul unei suprafețe (36) a tubului (TP 36) de presiune interior, având o abatere de temperatură corespunzând unui gradient de temperatură redus. Metoda conform invenției cuprinde introducerea unui ansamblu (136) cap de sondare, incluzând cel puțin un senzor (144) de temperatură, într-un tub (TP 36) de presiune, detectarea temperaturii unei suprafețe (36)

interioare a tubului (TP 36) interior într-o multitudine de poziții de-a lungul suprafeței (36) interioare, și identificarea cel puțin a unei poziții de-a lungul suprafeței (36) interioare, având o abatere de temperatură corespunzând cu un gradient de temperatură redus.

Revendicări: 29
Figuri: 25

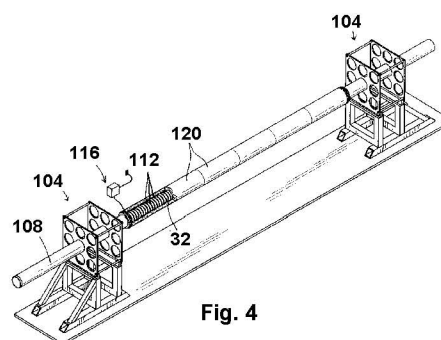


Fig. 4



APARAT ȘI METODĂ PENTRU DETECTAREA POZIȚIEI UNUI DISTANȚIER INELAR DINTRE TUBURI CONCENTRICE

Descriere

[0001] Această cerere de brevet revendică prioritatea cererii de brevet provizorii US 61/555375 înregistrată la data de 3 noiembrie 2011, al cărei întreg conținut este incorporat prin referință.

[0002] Prezenta invenție se referă la canale de combustibil pentru reactoare nucleare. Mai precis, invenția se referă la distanțiere inelare pentru utilizarea în canalele de combustibil având tuburi concentrice (de exemplu un tub calandria cu un tub de presiune interior) ale unui reactor nuclear, din care un exemplu este reactorul CANDU („CANada Deuterium Uranium”). Doar cu titlu de exemplu, reactorul CANDU este un reactor de fisiune moderat cu apă grea sau cu apă grea și răcit cu apă ușoară capabil să utilizeze combustibili compuși din uraniu natural, alt uraniu îmbogățit ușor, uraniu reciclat, oxizi micști, actinide fisibile sau fertile și combinații ale acestora.

[0003] Distanțierile inelare (AS), prevăzute adesea sub forma arcurilor cu manșetă (GS), sunt utilizate în reactoarele CANDU pentru menținerea unui spațiu inelar între două tuburi ale unui ansamblu de canale de combustibil, cum ar fi un tub de presiune interior (TP) și un tub calandria exterior (TC), așa cum a fost menționat mai sus. Tuburile TP sunt situate în interiorul tuburilor TC ale reactorului care izolează tuburile TP de moderatorul de apă grea în calandria. Spațiul inelar dintre tuburile TP și TC este umplut în mod obișnuit cu un gaz inelar. În unele cazuri, sunt utilizate patru distanțiere inelare per ansamblu de canale de combustibil, fiecare într-o poziție axială specifică de-a lungul lungimii canalului de combustibil. Este important ca distanțierile să fie în pozițiile lor corecte, deoarece poziționarea incorectă poate conduce la contactul între TP fierbinte și TC mai rece. Acest contact este inacceptabil.

[0004] În unele exemple de realizare, un ansamblu de canale de combustibil constă dintr-un TP, două racorduri de capăt și echipamentul necesar, în care TP este conectat la cele două racorduri de capăt printr-o articulație mecanică cu rolă

expandată. Un ansamblu burduf roluit în placa tubulară laterală a mașinii de alimentare cu combustibil și sudat la inelul de atașare a burdufului poate fi utilizat pentru etanșarea spațiului inelar la ambele capete. Din acest motiv, în unele exemple de realizare a ansamblului de canale de combustibil, nu există acces direct la spațiul inelar dintre tuburile TP și TC.

[0005] Un tip cunoscut de distanțier inelar este arcul elicoidal înfășurat strâns. Spre exemplu, un astfel de arc poate avea un diametru exterior de 4,83 mm (0,190 inch), poate fi format ca un tor utilizând o sârmă inelară Zircaloy-2, și poate fi format dintr-o sârmă de aliaj de zirconiu cu secțiunea transversală pătrată (de exemplu, 1,02 x 1,02 mm (0,040 x 0,040 inch)). Distanțierile pot preveni contactul direct între tuburile TP și TC, care ar fi nedorit datorită susceptibilității crescute de formare a bulelor de aer când concentrația locală de hidrogen crește datorită pătrunderii deuteriului. În unele exemple de realizare, sunt prevăzute patru distanțiere în fiecare ansamblu de canale distanțate aproximativ la 1,02 m (40 inch) și situate într-o manieră decalată către capătul de evacuare al ansamblului de canale de combustibil. Poziția fiecăruia dintre distanțierile inelare este importantă pentru a asigura faptul că ele îndeplinesc o varietate de cerințe funcționale, de performanță, siguranță, mediu și inter-dependență ale sistemului.

[0006] Unele distanțiere inelare sunt distanțiere cu fixare liberă prevăzute cu un arc cu manșetă și un fir inelar menținut într-o cavitate inelară formată de sârma elicoidală a arcului cu manșetă. Sârma inelară poate permite detectarea unei poziții a distanțierului inelar de-a lungul canalului de combustibil utilizând tehnicile de testare cu curenți turbionari (ECT) (și anume bazate pe faptul că sârma inelară poate fi realizată dintr-un material care formează o buclă cu conductivitate continuă). Alte distanțiere inelare sunt cu fixare strânsă și pot avea o forță de arcuire care le trage strâns pe suprafața exterioară a TP.

[0007] În multe cazuri, tehnologia cu curenți turbionari nu poate localiza într-o manieră pozitivă distanțierile cu fixare strânsă deoarece designul distanțierelor cu montaj strâns nu include o sârmă inelară sudată. Alte provocări există în cazul distanțierelor cu montaj liber sau strâns, cum ar fi provocările de identificare a locațiilor acestor distanțiere de-a lungul lungimii axiale a ansamblurilor de canale de combustibil.

[0008] Într-un aspect, invenția asigură un aparat pentru detectarea poziției a cel puțin unui distanțier inelar dintre tuburile interior și exterior, concentrice atunci

când este prezent un gradient de temperatură între ele. Un ansamblu cap de sondare este mobil în tubul interior. Cel puțin un senzor de temperatură este cuplat la ansamblul cap de sondare și configurat să detecteze o temperatură a unei suprafețe interioare a tubului interior. Un ansamblu de antrenare este operabil să deplaseze ansamblul cap de sondare în raport cu tubul interior. Un sistem de achiziție a datelor este cuplat la acel cel puțin un senzor de temperatură și configurat să recepționeze o multitudine de măsurători de temperatură în vederea identificării cel puțin a unei poziții de-a lungul suprafeței interioare având o abatere de temperatură corespunzând cu un gradient de temperatură redus.

[0009] Într-un alt aspect, invenția asigură o metodă pentru detectarea poziției a cel puțin unui distanțier inelar dintre tuburile interior și exterior, concentrice având între ele un gradient de temperatură. Un ansamblu cap de sondare incluzând cel puțin un senzor de temperatură este introdus în tubul interior. Temperatura suprafeței interioare a tubului interior este detectată într-o multitudine de poziții de-a lungul suprafeței interioare. Este identificată cel puțin o poziție de-a lungul suprafeței interioare având o abatere de temperatură corespunzând cu un gradient de temperatură redus.

[0010] Alte aspecte ale prezentei invenții vor deveni mai clare prin luarea în considerare a descrierii detaliate și a desenelor anexate.

[0011] FIG. 1 este o vedere în perspectivă a unui miez de reactor al unui reactor nuclear de tip CANDU.

[0012] FIG. 2 este o vedere cu ruptură a ansamblului de canale de combustibil al unui reactor nuclear de tip CANDU.

[0013] FIG. 3 este o vedere în perspectivă a unui distanțier inelar instalat în canalul de combustibil al unui reactor nuclear de tip CANDU.

[0014] FIG. 4 este o vedere în perspectivă a unui aparat pentru localizarea distanțierelor inelare dintre tubul de presiune și tubul calandria ale unui ansamblu de canale de combustibil utilizând profilarea termică.

[0015] FIG. 5 este o vedere în perspectivă a unui cablu de încălzire înfășurat în jurul exteriorului unui tub calandria.

[0016] FIG. 6 este o vedere frontală a unei casete de comandă a încălzitorului cuplată funcțională la cablul de încălzire din FIG. 5.

[0017] FIG. 7 este o vedere în perspectivă a unei secțiuni a unei izolații de țevă din fibră de sticlă instalată pe tubul calandria înfășurat cu încălzitorul.

CA-2012-00785--

[0018] FIG. 8 este o vedere în perspectivă a unui bec termostat ce se extinde prin instalație la suprafața exterioară a tubului calandria.

[0019] FIG. 9 este o vedere în perspectivă unui termometru digital și de citit pentru monitorizarea vizuală a temperaturii exterioare a tubului calandria.

[0020] FIG. 10 este o vedere în perspectivă a unui indicator luminos cuplat la caseta de comandă a încălzitorului pentru a indica momentul când încălzitorul este activ.

[0021] FIG. 11 este o vedere în perspectivă a unui ansamblu cap de sondare într-o primă configurație pentru obținerea unui profil de temperatură a interiorului tubului de presiune.

[0022] FIG. 12A și FIG. 12B sunt vederi în perspectivă a două ansambluri de centrare cu roți la extremitățile opuse ale ansamblului cap de sondare din FIG. 11.

[0023] FIG. 13 ilustrează un prim șir de blocuri de sonde de temperatură ale ansamblului cap de sondare din FIG. 11, incluzând un șir orientat radial de sonde de temperatură.

[0024] FIG. 14 ilustrează un al doilea șir de blocuri de sonde de temperatură ale ansamblului cap de sondare din FIG. 11, incluzând un șir orientat radial de sonde de temperatură.

[0025] FIG. 15 și FIG. 16 ilustrează un bloc alternativ de sonde de temperatură pentru utilizarea împreună cu ansamblul cap de sondare, incluzând un șir ce se extinde axial de sonde de temperatură într-o singură poziție radială a ansamblului cap de sondare.

[0026] FIG. 17 și FIG. 18 ilustrează o manta cu apă pentru asigurarea răcirii locale în interiorul tubului de presiune.

[0027] FIG. 19 este o vedere în perspectivă a unui generator de aer rece cuplat la ansamblul cap de sondare pentru a asigura o sursă de aer răcit la o temperatură predeterminată sub cea a mediului ambiant.

[0028] FIG. 20 este o vedere în perspectivă ilustrând un racord pentru introducerea tubului de evacuare al generatorului de aer rece în interiorul ansamblului cap de sondare.

[0029] FIG. 21 este o vedere în perspectivă a unui corp tubular al ansamblului cap de sondare într-o configurație cu lungime redusă în care capătul depărtat al corpului tubular este închis.

[0030] FIG. 22 este o vedere în perspectivă a unui corp tubular al ansamblului cap de sondare într-o configurație cu lungime mare în care capătul depărtat al corpului tubular este deschis.

[0031] FIG. 23 este o vedere în perspectivă a unui sistem de antrenare pentru ghidarea ansamblului cap de sondare prin tubul de presiune.

[0032] FIG. 24 este o vedere de detaliu a sistemului de antrenare din FIG. 23.

[0033] FIG. 25 este o vedere în perspectivă a unui sistem de antrenare comandat prin calculator pentru ghidarea ansamblului cap de sondare prin tubul de presiune, și sistemul de achiziție a datelor.

[0034] Înainte ca oricare dintre exemplele de realizare a invenției să fie explicate, trebuie înțeles faptul că invenția nu este limitată în aplicarea sa la detaliile constructive și aranjamentul componentelor prezentate în următoarea descriere și ilustrate în desenele anexate. Invenția este capabilă de alte implementări și de a fi utilizată sau de a fi pusă în practică în diferite moduri. Spre exemplu, dispozitivele și metodele dezvăluite în cadrul de față sunt introduse și descrise în contextul utilizării într-un canal de combustibil nuclear, și pentru a detecta arcuri cu manșetă sau alte distanțiere inelare. Totuși, dispozitivele și metodele dezvăluite în cadrul de față pot fi utilizate în alte aplicații și medii, și pentru detectarea altor obiecte în afară de distanțiere inelare. Doar cu titlu de exemplu, dispozitivele și metodele pot fi utilizate în aplicații de foraj a puțurilor pentru a detecta obiecte adiacente sau din jurul echipamentului de foraj, în conducte pentru detectarea pozițiilor echipamentului adiacent, suporturi structurale, alte obiecte și în alte aplicații așa cum se dorește.

[0035] FIG. 1 este o vedere în perspectivă a unui miez de reactor al unui reactor de tip CANDU, cunoscut drept CANDU 6, doar cu titlu de exemplu. Un vas în general cilindric, cunoscut drept un calandria **10**, conține un moderator de apă grea. Calandria **10** are o carcasă inelară **14** și o placă de tuburi **18** la un prim capăt **22** și un al doilea capăt **24**. Un număr de ansambluri de canale de combustibil **28** trec prin calandria **10** de la primul capăt **22** la al doilea capăt **24**.

[0036] Așa cum este ilustrat în FIG. 2, în fiecare ansamblu canale de combustibil **28** un tub calandria **32** formează o primă graniță între moderatorul de apă grea al calandria **10** și structura din interiorul TC **32**. Un tub de presiune (TP) **36** formează un perete interior al ansamblului canale de combustibil **28**. TP **36** asigură o conductă pentru ansamblurile agent de răcire și combustibil pentru reactor **40**. TC **32** și TP **36** formează un ansamblu de tuburi concentrice, iar un spațiu inelar **44** este

162

definit drept un gol între TP 36 și TC 32. TC 32 constituie un tub exterior al perechii de tuburi concentrice, iar TP 36 constituie un tub interior al perechii de tuburi concentrice. Spațiul inelar 44 este umplut în mod normal cu un gaz de circulare, cum ar fi dioxid de carbon uscat, azot, aer sau amestecuri ale acestora. Spațiul inelar 44 și gazul pot fi parte a unui sistem de gaz inelar. Sistemul de gaz inelar are două funcții principale. În primul rând, o limită de gaz între TC 32 și TP 36 asigură izolarea termică între agentul de răcire și combustibilului reactorului fierbinte din interiorul tuburilor TP 36 și tuburile TC 32 relativ reci. În al doilea rând, sistemul de gaz inelar asigură o indicație asupra scurgerii din tuburile calandria, tuburile de presiune 36, sau conexiunile lor prin prezența umidității în gazul inelar.

[0037] O serie de distanțiere inelare 48 este dispusă între TC 32 și TP 36 (și anume între o suprafață exterioară 36_E a TP 36 și o suprafață interioară 32_I a TC 32). Un astfel de distanțier este prezentat în FIG. 3. Din punct de vedere funcțional, distanțierul inelar 48 menține golul prescris între TP 36 și TC 32 corespunzător, concomitent cu permiterea trecerii gazului inelar prin și în jurul distanțierului inelar 48. Alte funcții ale distanțierului inelar 48 includ găzduirea mișcării axiale relative între TP 36 și TC 32 concomitent cu limitarea uzurii, zgârieturilor, deformației sau deteriorării tuburilor TP 36 și TC 32. Deși distanțierul inelar 48 sunt proiectate în general să limiteze transferul de căldură de la TP 36 la moderatorul de apă grea în timpul condițiilor de funcționare normală a reactorului, distanțierul inelar 48 asigură singurele puncte de posibilă conducție directă între TP 36 și TC 32 între cele două extremități ale unui ansamblu de canale de combustibil 28. Deoarece distanțierul inelar 48 este situat în spațiul inelar 44 al canalului de combustibil, temperatura sa poate fi influențată fie de TP 36 fierbinte (aproximativ 300°C în timpul funcționării normale a reactorului în unele exemple de realizare) sau de TC 32 mai rece (aproximativ 80°C în timpul funcționării normale a reactorului în unele exemple de realizare), în funcție de ce componentă face contact cu distanțierul inelar 48. Dacă distanțierul inelar 48 este în contact cu ambele tuburi, acesta va fi supus în mod probabil la un gradient de temperatură între temperaturile TP 36 și TC 32.

[0038] Tot cu referire în continuare la FIG. 3, distanțierul inelar 48 este primit în interiorul spațiului inelar 44 între TP 36 și TC 32, așa cum a fost discutat mai sus. Deși distanțierul inelar 48 este prezentat în FIG. 3 ca un distanțier cu fixare liberă incluzând un arc cu manșetă 52 și un fir inelar 56, distanțierul inelar 48 poate fi un distanțier cu fixare strânsă fără fir inelar, sau poate adopta un număr de alte forme

162

pentru menținerea spațiului dorit între TP **36** și TC **32**. În unele exemple de realizare, arcul cu manșetă **52** este format dintr-o lungime de sârmă elicoidală **60**. Cele două extremități **64**, **68** ale sârmei elicoidale **60** pot fi conectate astfel încât arcul cu manșetă **52** formează un toroid **72**. Dacă este prevăzut, firul inelar **56** poate fi menținut în cavitatea inelară **80** formată de sârma elicoidală **60** a arcului cu manșetă **52**. Arcul cu manșetă **52** poate fi dimensionat să se fixeze etanș în jurul TP **36**, iar în unele exemple de realizare este elastic astfel încât acesta poate fi expandat la o dimensiune mai mare decât un diametru exterior al TP **36** în timpul montajului, rămânând fixat etanș și în siguranță odată poziționat. Arcul cu manșetă **52** poate fi format dintr-un aliaj pe bază de nichel-crom cum ar fi INCONEL X-750. În alte exemple de realizare, arcul cu manșetă **52** poate fi format din alte aliaje, incluzând aliaj pe bază de zirconiu, cum ar fi aliajul ZIRCALOY sau un aliaj zirconiu-niobiu-cupru. În alte exemple de realizare, arcul cu manșetă **52** poate fi format dintr-un aliaj incluzând, dar nelimitat la, o combinație de zirconiu, niobiu și cupru.

[0039] Detectarea poziției fiecărui distanțier inelar **48** este necesară în multe aplicații în vederea verificării poziției distanțierului inelar **48**, și astfel pentru a asigura faptul că distanțierul inelar **48** îndeplinește o varietate de cerințe funcționale, de performanță, siguranță, mediu și inter-dependență ale sistemului. Exemplele de realizare a prezentei invenții asigură un aparat și o metodă pentru localizarea distanțierelor inelare **48** prin analiză și profilare termică a unuia sau ambelor dintre TC **32** și TP **36** prin detectarea unui răspuns al fiecărui distanțier inelar **48** la un gradient de temperatură prezent între TC **32** și TP **36**. În unele exemple de realizare, locația unui arc cu manșetă montat etanș pe TP **36** poate fi distinsă cu o toleranță de aproximativ 15 mm sau mai bună fără utilizarea testării cu curenți turbionari.

[0040] Figurile 4-25 ilustrează un aparat de detecție din laborator **100** și metoda conform anumitor exemple de realizare a prezentei invenții pentru identificarea poziției distanțierelor inelare **48** între un TC **32** și un TP **36** în exteriorul unui calandria **10**. TC **32** este suspendat între locațiile centrale ale unui grătar din două standuri cu 3x3 grătare **104** (FIG. 4). Un prim capăt al aparatului **100** include un racord de capăt **108** complet cu manșon al tubului de presiune fixat cu joc. Acest racord de capăt nu reprezintă un tub liniar. Un manșon de protecție a tubului liniar poate fi utilizat în racordul primului capăt pentru reținerea tubului de presiune și pentru a asigura o suprafață uniformă de livrare a sculei. Patru arcuri cu manșetă **52** sau alte distanțiere inelare **48** sunt prevăzute între TP **36** și TC **32**. Arcurile cu

manșetă **52** pot fi montate etanș pe TP **36** în unele exemple de realizare. Ar trebui notat de asemenea că pot fi prevăzute mai mult sau mai puțin de patru distanțiere inelare **48**, inclusiv niciunul, iar numărul necesar nu trebuie cunoscut înainte de realizarea metodei de detecție, care poate determina eficient atât numărul cât și poziția distanțierelor inelare **48**.

[0041] Din nou cu referire la aparatul **100** din FIG. 4, suprafața exterioară **32_E** a TC **32** este înfășurată strâns de un încălzitor **112**, cum ar fi un cablu de încălzire BriskHeat FE (FIG. 5) și poate fi înfășurat într-o manieră elicoidală de-a lungul TC **32**. Mărimea pasului cablului de încălzire înfășurat poate fi de aproximativ 2,5", spre exemplu. O casetă de comandă a încălzitorului **116** (FIG. 6) poate fi montată în primul capăt al TC **32**, sau în orice altă locație adecvată. Cablul de încălzire instalat **112** poate fi acoperit cu izolația **120**, cum ar fi o izolație pentru țevi din fibră de sticlă cu grosimea de 2 inch, 6 inch diametru (Mărimea Țevii de Oțel) cu ASJ (căptușeală pentru toate funcțiile), așa cum este prezentat în FIG. 7. Izolația **120** poate fi prevăzută în secțiuni cu lungimea de 3 picioare.

[0042] Un bec termostat **124** poate fi instalat într-o locație (de exemplu, punctul median de-a lungul TC **32**) pe suprafața exterioară **32_E** a TC **32**, prin izolația **120**, așa cum este prezentat în FIG. 8. Becul termostat **124** poate fi cuplat cu caseta de comandă a încălzitorului **116** din FIG. 6 pentru a menține suprafața exterioară **32_E** a TC **32** la o temperatură cu valoare constantă, pre-determinată deasupra temperaturii ambiante. Un termometru digital **128** poate fi utilizat, de asemenea, pentru a permite unui operator să monitorizeze vizual temperatura suprafeței exterioare **32_E** a TC **32**, așa cum este prezentat în FIG. 9. Indiferent de construcția sa, termometrul **128** confirmă faptul că suprafața exterioară **32_E** a TC **32** este încălzită la o temperatură predeterminată deasupra temperaturii mediului ambiant. Acest lucru poate fi realizat ca o etapă inițială într-o metodă de localizare a unui distanțier inelar într-un cadru de laborator, și mai mult decât atât, poate simula încălzirea suprafeței exterioare **32_E** a TC **32** (de exemplu, din lichidul moderator într-un reactor funcțional). Un indicator luminos **132** poate fi instalat pe caseta de comandă a încălzitorului **116**, așa cum este prezentat în FIG. 10 pentru a asigura o indicație vizuală a momentului când încălzitorul **112** este pornit și oprit.

[0043] Un ansamblu cap de sondare **136** în conformitate cu un exemplu de realizare a prezentei invenții este ilustrat în FIG. 11. Așa cum este prezentat în FIG. 12A și FIG. 12B (vederi în detaliu ale FIG. 11), unele exemple de realizare a

ansamblului cap de sondare **136** includ ansambluri de centrare intericare și exterioare **140**, deși un singur ansamblu de centrare poate fi utilizat în alte exemple de realizare.

[0044] Oricare sau toate ansamblurile de centrare **140** ale ansamblului cap de sondare **136** pot fi prevăzute cu una, două sau mai multe roți **142** care fac contact și rulează de-a lungul suprafeței interioare **36_i** a TP **36**. pentru a ajuta la deplasarea lină și ghidarea ansamblului cap de sondare **136** pe măsură ce acesta se deplasează axial în interiorul TP **36**. Exemple de astfel de roți **142** sunt prezentate în FIG. 12A și FIG. 12B.

[0045] Într-o configurație, denumită drept configurația circumferențiară (absolută) a ansamblului cap de sondare **136**, este prevăzut cel puțin un șir radial de senzori de temperatură **144**. O multitudine de blocuri de ghidare tensionate elastic (de exemplu, presate radial către exterior) **146** este prevăzută în jurul circumferinței ansamblului cap de sondare **136** într-o multitudine de poziții axiale (de exemplu, 2 poziții în construcția ilustrată). Fiecare dintre blocurile de ghidare **146** poate susține una sau mai multe sonde de temperatură **150**. În construcția ilustrată, fiecare șir radial de blocuri de ghidare **146** este prevăzut cu o singură sondă de temperatură **150** astfel că, în total, blocurile de ghidare **146** din fiecare poziție axială asigură un șir radial de sonde de temperatură **150**. Sondele de temperatură **150** pot fi sonde termistor sau termocuplă în orice configurație (de exemplu, sonde termistor pe un ansamblu, sonde termocuplă pe un altul, o combinație de sonde termistor și termocuple pe fiecare sau ambele ansambluri, și așa mai departe). În unele exemple de realizare, cu titlu de exemplu, fiecare sondă de temperatură **150** este setată la 0,002 inch peste suprafața exterioară a blocului de ghidare corespunzător **146** pentru a asigura contactul sondei de temperatură **150** cu suprafața interioară **36_i** a TP **36**. (vezi FIG. 13 și FIG. 14). Suprafața exterioară a blocurilor de ghidare **146** poate fi în general plată, așa cum este prezentat în FIG. 13, sau curbată în jurul axei centrale, așa cum este prezentat în FIG. 14. Blocurile de ghidare **146** includ suprafețele de capăt conice către exterior **146A** pentru a facilita inserarea mai ușoară în interiorul TP **36**.

[0046] În cadrul aparatului ilustrat, ansamblul cap de sondare **136** este prevăzut cu o primă și o a doua multitudine de blocuri de ghidare tensionate elastic **146** fiecare asociat cu un ansamblu de centrare **140**. În acest aranjament, cele două seturi de blocuri de ghidare **146** (și sondele corespondente **150**) sunt distanțate axial

149

unele de altele. Așa cum a fost indicat mai sus, în alte construcții, poate fi prevăzut un singur șir de sonde de temperatură **150**, în alte exemple de realizare a prezentei invenții. Așa cum este descris mai în detaliu mai jos, șirul(le) radial(e) de sonde de temperatură **150** în unele exemple de realizare poate(pot) fi transportat(e) sau antrenat(e) axial la secțiunea(le) suplimentară(e) a TP **36** pentru a obține date despre profilul de temperatură al secțiunii(lor) suplimentare, sau a întregii suprafețe interioare **36_i** a TP **36**.

[0047] FIG. 15 și FIG. 16 ilustrează un ansamblul cap de sondare **236** conform unei construcții alternative a prezentei invenții, denumit drept ansamblu cap de sondare axial. În această construcție, sunt prevăzute mai multe sonde de temperatură **250** într-un șir axial, cu fiecare sondă de temperatură **250** situată într-o poziție axială unică. În construcția ilustrată, toate sondele de temperatură **250** sunt prevăzute în aliniament într-o poziție radială comună într-un șir. Toate sondele de temperatură **250** din exemplul de realizare ilustrat în FIG. 15 și FIG. 16 sunt montate pe o bară suport **252** (de exemplu o bară de plexiglas), care este cuplată într-o manieră tensionată elastic (de exemplu, presată radial către exterior) la un corp tubular perforat **254** al ansamblului cap de sondare **236**. În construcția ilustrată, bara suport **252** este cuplată securizat între o pereche de blocuri de ghidare **246**, care sunt presate elastic în raport cu corpul tubular **254**. Blocurile de ghidare **246**, asemenea blocurilor de ghidare **146** din FIG. 13 și FIG. 14, includ suprafețele de capăt conice către exterior **246A**. Sondele de temperatură **250** pot fi securizate la bara suport **252** individual cu mijloace de fixare corespunzătoare **256** (de exemplu, șuruburi de fixare). Fiecare sondă de temperatură poate fi poziționată pentru a face contact cu suprafața interioară **36_i** a TP **36**. atunci când ansamblul cap de sondare **236** este introdus în TP **36**. Cele două șiruri de sonde de temperatură **250** pot conține termocuple, termistori sau o combinație a ambelor în orice aranjament dorit. Așa cum este descris suplimentar mai jos, șirul de sonde de temperatură **250** poate fi rotit în jurul axei TP **36** pentru a obține date despre profilul de temperatură al suprafeței interioare **36_i** a TP **36**., sau cel puțin o secțiune în lungime a acestuia. Ansamblul cap de sondare **236** poate fi transportat sau antrenat axial la secțiunea(le) suplimentară a TP **36** pentru a obține date despre profilul de temperatură al secțiunii(lor) suplimentare, sau a întregii suprafețe interioare **36_i** a TP **36**.

[0048] În mod alternativ sau suplimentar, sistemul și metoda pot utiliza unul sau mai mulți senzori de temperatură fără contact **800** sau „dispozitive de imagistică

18

termică” pentru a colecta date reprezentative despre temperatura din diferitele locații de pe suprafața interioară **36_i** a TP **36**. Spre exemplu, una sau mai multe camere cu infraroșu **800** poate fi prevăzută pe ansamblul cap de sondare **136**, **236** și introduse în TP **36** și operate să detecteze profilul temperaturii acestuia, și să furnizeze un semnal electric corespunzător, reprezentativ al acestuia. Ansamblul cap de sondare **236** din FIG. 19 este ilustrat cu un senzor de temperatură fără contact **800** în scopuri ilustrative.

[0049] FIG. 17 și FIG. 18 ilustrează o manta cu apă **300** pentru utilizarea împreună cu oricare dintre ansamblurile cap de sondare din FIG. 11-16. Mantaua cu apă **300** ilustrată include o bobină suport centrală **302** și o serpentină **304** de tubulatură de apă pentru transportul apei de răcire între un orificiu de intrare **306** și un orificiu de ieșire **308** al mantalei cu apă **300**. Mantaua cu apă **300** poate avea un diametru exterior aproximativ de aceeași mărime cu, sau ușor mai mare decât diametrul interior al TP **36** astfel că serpentina **304** de tubulatură de apă este presată pe suprafața interioară **36_i** a TP **36**. Mantaua cu apă **300** poate fi alimentată cu apă răcită (de exemplu, livrată axial în josul centrului tubului de presiune) pentru a produce un efect de răcire localizat la sau adiacent ansamblului cap de sondare **136**, **236**. Astfel, mantaua cu apă **300** poate acționa ca un colector de căldură activ pentru creșterea gradientului de temperatură între suprafața interioară **36_i** a TP **36** și suprafața exterioară **32_E** a TC **32** (care poate fi încălzită) așa cum a fost descris mai sus, imediat înainte de sau în timpul detectării temperaturii lui TP **36**. Spre exemplu, dacă mantaua cu apă **300** este atașată la un capăt depărtat al ansamblului cap de sondare **136**, apa răcită ce se deplasează prin serpentina **304** de tubulatură de apă poate răci suprafața interioară **36_i** a TP **36** în locația mantalei cu apă **300**, timp după care ansamblul cap de sondare **136** poate fi deplasat axial de-a lungul TP **36** pentru a aduce sondele de temperatură **150** ale unuia din șiruri într-o poziție axială adiacentă secțiunii răcite a TP **36** în vederea realizării măsurătorilor de temperatură ale suprafeței interioare **36_i** a TP **36** în secțiunea răcită. În mod alternativ, mantaua cu apă **300** poate fi situată suficient de aproape de (de exemplu, imediat adiacent uneia sau mai multor sonde de temperatură **150**) pentru a genera un efect de răcire similar a TP **36** fără deplasarea ulterioară a ansamblului cap de sondare **136** pentru a lua măsurătorile de temperatură descrise mai sus. Bineînțeles, mantaua cu apă **300** poate fi utilizată cu efect similar cu ansamblul cap de sondare **236** din FIG. 15 și

FIG. 16. Ar trebui înțeles faptul că mantaua cu apă **300** poate transporta apă sau orice alt fluid schimbător de căldură adecvat.

[0050] FIG. 19 ilustrează un aparat alternativ pentru răcirea activă a suprafeței interioare **36**, a TP **36**. Un generator de aer rece **400** (de exemplu un „ColdGun” disponibil de la EXAIR Corporation) poate fi utilizat pentru a furniza o sursă de aer răcit la o temperatură predeterminată sub temperatura ambiantă. Aerul răcit poate fi suflat în interiorul TP **36** în jurul și/sau prin ansamblul cap de sondare **136**, **236**. Spre exemplu, FIG. 20 ilustrează un racord **404** pentru introducerea unui tub de evacuare **408** al generatorului de aer rece **400** în interiorul ansamblului cap de sondare **236** din FIG. 15 și FIG. 16. Corpul tubular **254** al ansamblului cap de sondare **236** este perforat prin lateral, prin deschiderile **259**, și include un capăt depărtat deschis **254A** pentru a permite trecere aerului răcit în contact cu suprafața interioară **36**, a TP **36**.

[0051] Așa cum este prezentat în FIG. 21 și FIG. 22, corpul tubular **254** al ansamblului cap de sondare **236** poate fi configurat pentru diferite lungimi axiale corespunzătoare unor construcții de sonde de temperatură cu lungime axială diferită. Sondele de temperatură **250** sau senzorul(ii) de temperatură fără contact **800** nu sunt prezentate aici din motive de simplificare. Când este prevăzut într-o configurație cu lungime redusă, capătul corpului tubular **254** poate fi închis (de exemplu, un capac de capăt **258** este prevăzut peste capătul depărtat **254A**) astfel că este asigurată răcirea localizată prin intermediul deschiderilor **259**. Când este prevăzut în configurația cu lungime mare, capătul depărtat **254A** al corpului tubular **254** poate fi deschis (de exemplu, capacul de capăt **258** este îndepărtat) pentru răcirea tubului de presiune pe o arie largă. Aerul răcit poate fi prevăzut prin capătul depărtat **254A** în locul sau suplimentar deschiderilor **259**.

[0052] Așa cum este prezentat în FIG. 23, o tijă de împingere **504** pentru ghidarea ansamblului cap de sondare **136**, **236** prin TP **36** poate include secțiuni de tubulatură (de exemplu, patru tuburi din ABS cu lungimi de 7 picioare). Poate fi prevăzut, de asemenea, un sistem de antrenare **500** pentru antrenarea ansamblului cap de sondare **136**, **236** prin TP **36** (prin intermediul tije de împingere **504**). Într-o construcție, sistemul de antrenare **500** poate include două tije de antrenare filetate **508** (de exemplu 3/8 – 16) împreună cu un cadru asociat **512** și clemele **516** (FIG. 24). Într-o configurație de bază, ansamblul cap de sondare **136**, **236** poate fi antrenat manual (cu mâna prin intermediul manivelor **520** cuplate la tije de antrenare **508**) sau cu o cheie de mână, cum ar fi o mașină de găurit fără fir și ansamblul cap de

AS

sondare **136**, **236** poate fi antrenat la o viteză relativ stabilă prin TP **36** între măsurătorile de temperatură sau pe măsură de sondele de temperatură **150**, **250** măsoară temperatura suprafeței interioare **36_i** a TP **36**. Totuși, în alte exemple de realizare, ansamblul cap de sondare **136**, **236** poate fi antrenat cu un sistem de antrenare comandat prin calculator **500'** (incluzând unul sau mai multe motoare electrice **524**) pentru a asigura o viteză de antrenare programabilă, predictibilă. În acest fel, datele de poziție pot fi furnizate la un sistem de achiziție a datelor (SAD) împreună cu datele de temperatură de la sondele de temperatură **150**, **250** pentru a genera o valoare de ieșire coordonată reprezentând profilul temperaturii suprafeței interioare **36_i** a TP **36**. Așa cum este prezentat în FIG. 25, semnalele reprezentative ale temperaturilor măsurate pot fi direcționate prin cablurile sondelor de temperatură **528** printr-o cutie de joncțiune GEC **532** la un calculator (de exemplu, un laptop **536**), utilizat pentru capturarea, stocarea, procesarea și afișarea datelor achiziționate. Semnalele reprezentative ale datelor de poziție (de exemplu, de la un codificator al motorului) pot fi direcționate înapoi la calculatorul **536** direct sau indirect prin cablurile motorului **540**. Datele despre temperatură și/sau poziție pot fi afișate în timp real în unele configurații.

[0053] Prin crearea unui gradient de temperatură între suprafața exterioară **32_E** a TC și suprafața interioară **36_i** a TP **36** și obținerea unui profil de temperatură al suprafeței interioare **36_i** a TP **36**, poate fi detectată poziția fiecărui distanțier inelar **48**. Acest lucru poate fi realizat în exemplele de realizare a prezentei invenții, descrise mai sus, prin observarea variațiilor localizate de temperatură din zona fiecărui distanțier inelar **48**. Aranjamentul de testare descris mai sus prezintă mai multe structuri și metode specifice pentru determinarea pozițiilor distanțierelor inelare **48** într-un aranjament de laborator particular, însă invenția nu este limitată la aceste construcții, și invenția poate fi realizată într-o varietate de moduri cu o varietate de echipamente. Formarea profilurilor de temperatură poate fi utilizată pentru detectarea poziției unui distanțier inelar **48** într-un ansamblu de canale de combustibil, care poate fi adaptat la alte ansambluri de scule specifice, aranjamente de testare și/sau procese fie pentru o setare de laborator (de exemplu, înainte de asamblarea unui ansamblu de canale de combustibil într-un reactor) a unui reactor funcțional, un reactor oprit sau un reactor demontat. În cazul lucrului pe un reactor funcțional sau un reactor oprit, gradientul de temperatură dintre suprafața exterioară **32_E** a TC **32** și suprafața interioară **36_i** a TP **36** poate fi generat de lichidul moderator încălzit în

AS

exteriorul TC **32** și/sau opțional prin răcirea suprafeței interioare **36_i** a TP **36** (de exemplu, în orice manieră descrisă mai sus sau în altă manieră) când combustibilul **40** a fost îndepărtat din TP **36**.

[0054] În unele exemple de realizare, gradientul termic detectat de aparatul și metodele descrise și ilustrate în cadrul de față poate fi generat de lichidul moderator care este mai rece decât suprafața interioară **36_i** a TP **36** – o stare care poate fi obținută prin permiterea moderatorului să se răcească suficient (sau chiar răcirea activă a lichidului moderator) și/sau prin încălzirea suprafeței interioare **36_i** a TP **36** într-o manieră similară, așa cum a fost descris mai sus în legătură cu dispozitivele de răcire.

[0055] Ar trebui să fie clar faptul că prezenta invenție are în vedere atât o metodă de localizare „pasivă”, care nu necesită implementarea unei surse artificiale de căldură sau colector de căldură pentru a mări gradientul termic între TP **36** și TC **32**, cât și o metodă de localizare pasivă, care beneficiază de avantajul unei surse separate de căldură și/sau un colector de căldură pentru a genera sau mări un gradient de temperatură și din acest motiv pentru a îmbunătăți capacitatea de detectare a locațiilor distanțierelor inelare **48** (și anume, doar în scopul localizării distanțierelor inelare **48**). În cadrul metodei pasive, instrumentele de citire (înregistrare)/mapare a temperaturii transpun variația temperaturii (modificările) pe suprafața interioară **36_i** a TP **36** pentru a identifica, prin anomalia sau abaterea localizată de temperatură (unde temperatura suprafeței interioare **36_i** a TP **36** este mai apropiată de temperatura suprafeței exterioare **32_E** a TC **32**, cu alte cuvinte, un gradient de temperatură redus), efectul „scurgerii de căldură” între diferitele piese ale ansamblului de canale de combustibil. Metodele active pot include implementarea „sursei de căldură” continuu sau cu impulsuri specifice sau a „colectorului de căldură” continuu sau cu impulsuri specifice în interiorul TP **36**, înainte de realizarea înregistrării/mapării temperaturii. Ca și în cazul metodei pasive, instrumentele de citire (înregistrare)/mapare a temperaturii transpun variația temperaturii (modificările) pe suprafața interioară **36_i** a TP **36** pentru a identifica, prin temperatura localizată, efectul „scurgerii de căldură” între diferitele piese ale ansamblului de canale de combustibil. Totuși, într-o metodă activă, „scurgerea de căldură” este îmbunătățită prin pre-încălzirea sau pre-răcirea localizată a suprafeței interioare **36_i** a TP **36**. O locație de contact sau din apropierea contactului dintre TP **36** și TC **32** printr-un distanțier inelar **48** va fi prezentată drept gradientul de temperatură localizat detectat

cu una sau mai multe sonde de temperatură **150, 250** (sau senzori de temperatură fără contact) descrise mai sus, cum ar fi în diferite poziții circumferențiare (de exemplu, în poziția orei 6 sau o poziție din apropiere) sau într-o manieră continuă în jurul circumferinței lui TP **36**.

[0056] Ar trebui înțeles și faptul că, conceptul de mapare termică pentru localizarea distanțierelor inelare **48** poate fi eficient indiferent care dintre partea interioară și partea exterioară este considerată fața „fierbinte”. Cu alte cuvinte, este posibil să se obțină rezultate bune prin încălzirea suprafeței interioare **36_i** a TP **36** la o temperatură mai mare decât temperatura suprafeței exterioare **32_E** a TC **32**.

[0057] Mai mult decât, orice metodă de mapare termică dezvăluită în cadrul de față poate fi complementată prin monitorizarea modificării vitezei (forfecare și/sau longitudinală) în cadrul testului cu ultrasunete (TU) în zona „scurgerii de căldură”, care (modificare a vitezei ultrasonice) va fi un efect al diferenței de temperatură localizată corespunzătoare cu locația contactului între distanțierul inelar **48** și TP **36**.

[0058] Deși descrierea de mai sus este în legătură cu detectarea distanțierelor inelare dintre tuburile concentrice ale unui ansamblu de canale de combustibil dintr-un reactor nuclear, va fi apreciat faptul că prezenta invenție poate fi utilizată în alte aplicații pentru detectarea locației unui obiect din exteriorul unui tub (și capabilă de detectarea termică printr-un gradient termic în raport cu tubul). Aceste obiecte nu trebuie neapărat să încercuiască tubul sau altfel să aibă o formă inelară și nu trebuie situate neapărat într-un spațiu dintre tuburi concentrice. În consecință, aspectele prezentei invenții își găsesc aplicație în repararea și întreținerea conductelor, sistemelor de foraj și altele asemănătoare.

102

REVEDICĂRI

1. Aparat pentru detectarea poziției unui distanțier inelar dintre tuburile interior și exterior, concentrice atunci când este prezent un gradient de temperatură între ele, aparatul cuprinzând:

- un ansamblu cap de sondare mobil în tubul interior;
- cel puțin un senzor de temperatură cuplat la ansamblul cap de sondare și configurat să detecteze o temperatură a unei suprafețe interioare a tubului interior;
- un ansamblu de antrenare operabil să deplaseze ansamblul cap de sondare în raport cu tubul interior; și
- un sistem de achiziție a datelor cuplat la acel cel puțin un senzor de temperatură și configurat să recepționeze o multitudine de măsurători de temperatură în vederea identificării a cel puțin o poziție de-a lungul suprafeței interioare având o abatere de temperatură corespunzând unui gradient de temperatură redus.

2. Aparat conform revendicării 1, în care acel cel puțin un senzor de temperatură include o multitudine de sonde poziționabile în contact cu suprafața interioară a tubului interior atunci când ansamblul cap de sondare este poziționat înăuntrul tubului interior.

3. Aparat conform revendicării 2, în care multitudinea de sonde de temperatură este aranjată într-un șir circular într-o primă poziție axială.

4. Aparat conform revendicării 3, cuprinzând suplimentar o a doua multitudine de sonde de temperatură aranjată într-un șir circular într-o a doua poziție axială.

5. Aparat conform revendicării 2, în care multitudinea de sonde de temperatură este aranjată într-un șir axial.

6. Aparat conform revendicării 2, în care multitudinea de sonde de temperatură este cuplată la ansamblul cap de sondare pentru a fi împinsă într-o direcție radială către exterior.

102

7. Aparat conform revendicării 1, cuprinzând suplimentar unul dintre un aparat de încălzire activă și un aparat de răcire activă configurat să stabilească sau să mărească un gradient termic între suprafața interioară a tubului interior și un mediu exterior tubului exterior.

8. Aparat conform revendicării 7, în care dispozitivul de răcire activă este cuplat la ansamblul cap de sondare și configurat să răcească suprafața interioară.

9. Aparat conform revendicării 8, în care dispozitivul de răcire activă este o manta de răcire cu lichid incluzând o bobină suport centrală și o spiră de tubulatură pentru transportul unui fluid schimbător de căldură răcit.

10. Aparat conform revendicării 8, în care dispozitivul de răcire activă este un generator de aer rece.

11. Aparat conform revendicării 1, în care ansamblul de antrenare include un mijloc de antrenare comandat prin calculator.

12. Aparat conform revendicării 11, în care ansamblul de antrenare este configurat să asigure date de poziție la sistemul de achiziție a datelor destinate a fi corelate cu măsurătorile de temperatură pentru a dezvolta o hartă a temperaturilor de pe suprafața interioară a tubului interior.

13. Aparat conform revendicării 12, cuprinzând suplimentar un dispozitiv de afișare configurat să afișeze harta temperaturilor în timp real.

14. Aparat conform revendicării 1, în care ansamblul cap de sondare include un ansamblu de centrare cu roți.

15. Aparat conform revendicării 1, în care ansamblul de antrenare include cel puțin o tijă filetată configurată să culiseze axial ansamblul cap de sondare prin tubul interior când este rotit.

16. Aparat conform revendicării 1, în care acel cel puțin un senzor de temperatură include un dispozitiv de imagistică termică fără contact.

17. Metodă pentru detectarea poziției a cel puțin unui distanțier inelar dintre tuburile interior și exterior, concentrice având între ele un gradient de temperatură, metoda cuprinzând:

- introducerea unui ansamblu cap de sondare, incluzând cel puțin un senzor de temperatură, în tubul interior;

- detectarea temperaturii unei suprafețe interioare a tubului interior într-o multitudine de poziții de-a lungul suprafeței interioare; și

- identificarea a cel puțin unei poziții de-a lungul suprafeței interioare având o abatere de temperatură corespunzând cu un gradient de temperatură redus.

18. Metodă conform revendicării 17, în care detectarea temperaturii unei suprafețe interioare a tubului interior într-o multitudine de poziții de-a lungul suprafeței interioare include asigurarea unei multitudini de sonde în contact cu suprafața interioară.

19. Metodă conform revendicării 18, în care detectarea temperaturii unei suprafețe interioare a tubului interior într-o multitudine de poziții de-a lungul suprafeței interioare include detectarea unei multitudini de temperaturi într-o primă poziție axială de-a lungul suprafeței interioare cu multitudine de sonde, deplasând multitudine de sonde într-o a doua poziție axială de-a lungul suprafeței interioare cu un ansamblu de antrenare cuplat la ansamblul cap de sondare și detectarea unei multitudini de temperaturi într-o a doua poziție axială.

20. Metodă conform revendicării 18, în care detectarea temperaturii unei suprafețe interioare a tubului interior într-o multitudine de poziții de-a lungul suprafeței interioare include detectarea temperaturii suprafeței interioare într-o multitudine de poziții distanțate axial cu ansamblul cap de sondare într-o primă poziție.

21. Metodă conform revendicării 20, cuprinzând suplimentar deplasarea ansamblului cap de sondare într-o a doua poziție și detectarea temperaturii suprafeței interioare într-o multitudine de poziții suplimentare distanțate axial.

22. Metodă conform revendicării 17, în care detectarea temperaturii unei suprafețe interioare a tubului interior într-o multitudine de poziții de-a lungul suprafeței interioare include detectarea temperaturii cu un dispozitiv de imagistică termică fără contact.

23. Metodă conform revendicării 17, cuprinzând suplimentar stabilirea unuia dintre tuburile interior și exterior drept partea fierbinte și a celuilalt dintre tuburile interior și exterior drept o parte rece, și cel puțin una dintre încălzirea activă a părții fierbinți și răcirea activă a părții reci pentru a stabili sau mări un gradient termic între tuburile interior și exterior.

24. Metodă conform revendicării 23, în care suprafața interioară este răcită activ prin suflarea de aer răcit dintr-un generator de aer rece pe suprafața interioară.

25. Metodă conform revendicării 23, în care suprafața interioară este răcită activ prin asigurarea unei mantale de răcire cu lichid pe ansamblul cap de sondare și circularea unui fluid schimbător de căldură răcit prin mantaua de răcire cu lichid.

26. Metodă conform revendicării 17, în care o multitudine de distanțiere inelare dintre tuburile interior și exterior este detectată prin identificarea unei multitudini de poziții de-a lungul suprafeței interioare, fiecare având o abater de temperatură corespunzând cu un gradient de temperatură redus.

27. Metodă conform revendicării 17, cuprinzând suplimentar

- antrenarea ansamblului cap de sondare într-o multitudine de poziții din interiorul tubului interior;

- colectarea datelor de poziție corespunzătoare poziției a cel puțin unui senzor de temperatură; și

- corelarea datelor de temperatură și a datelor de poziție pentru a dezvolta o hartă a temperaturilor suprafeței interioare.

28. Metodă conform revendicării 27, cuprinzând suplimentar afișarea hărții cu temperaturi în timp real.

29. Aparat pentru detectarea poziției unui obiect adiacent unui tub având o suprafață interioară, aparatul cuprinzând:

- un ansamblu cap de sondare susținând cel puțin o sondă de temperatură și mobil axial în interiorul tubului;

- un ansamblu de centrare cuplat la ansamblul cap de sondare, ansamblul de centrare poziționând ansamblul cap de sondare în tub într-o poziție în care sonda de temperatură detectează o temperatură a suprafeței interioare a tubului; și

- un schimbător de căldură cuplat la ansamblul cap de sondare și operabil să modifice temperatura suprafeței interioare a tubului detectată de senzorul de temperatură.

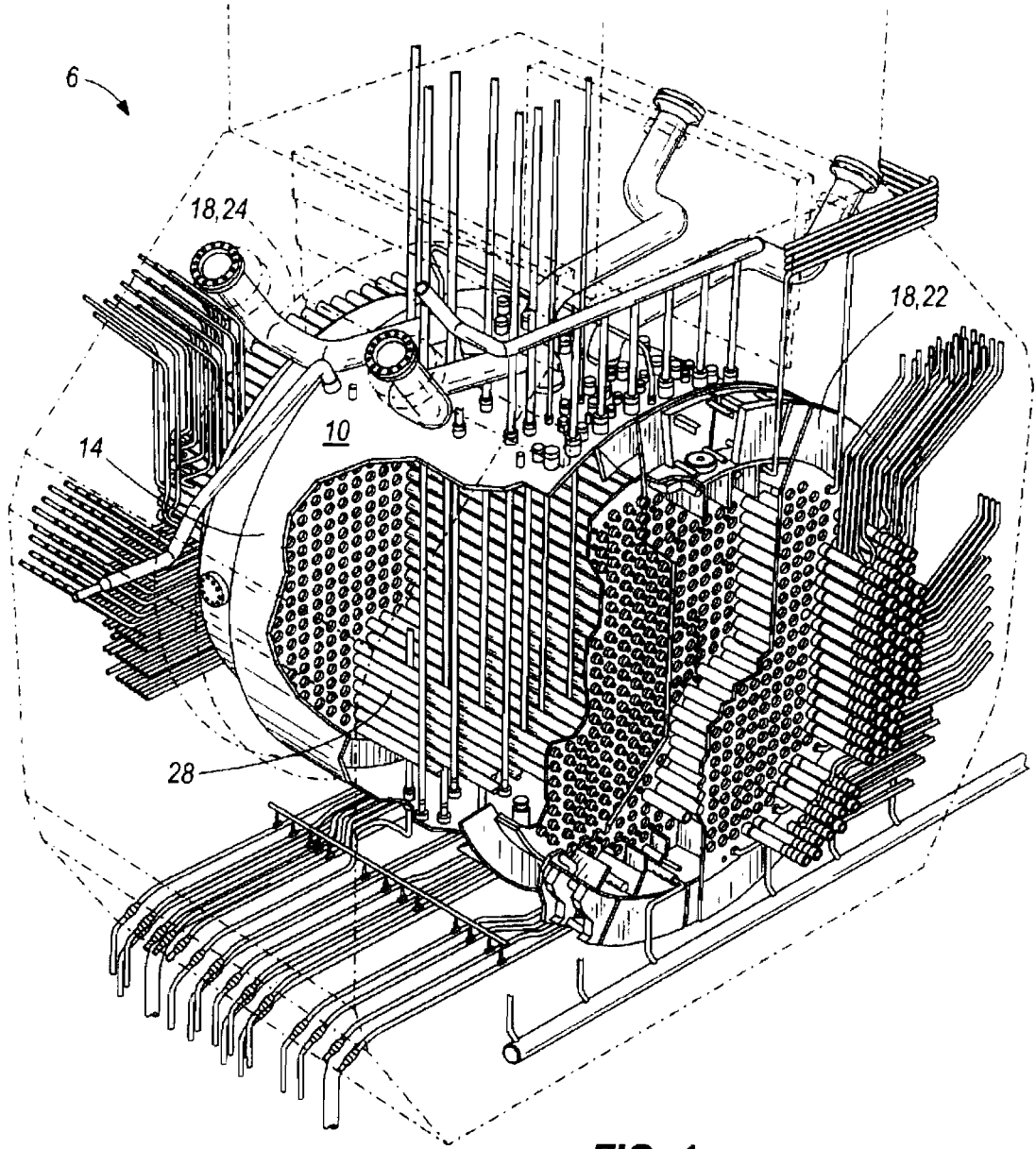


FIG. 1

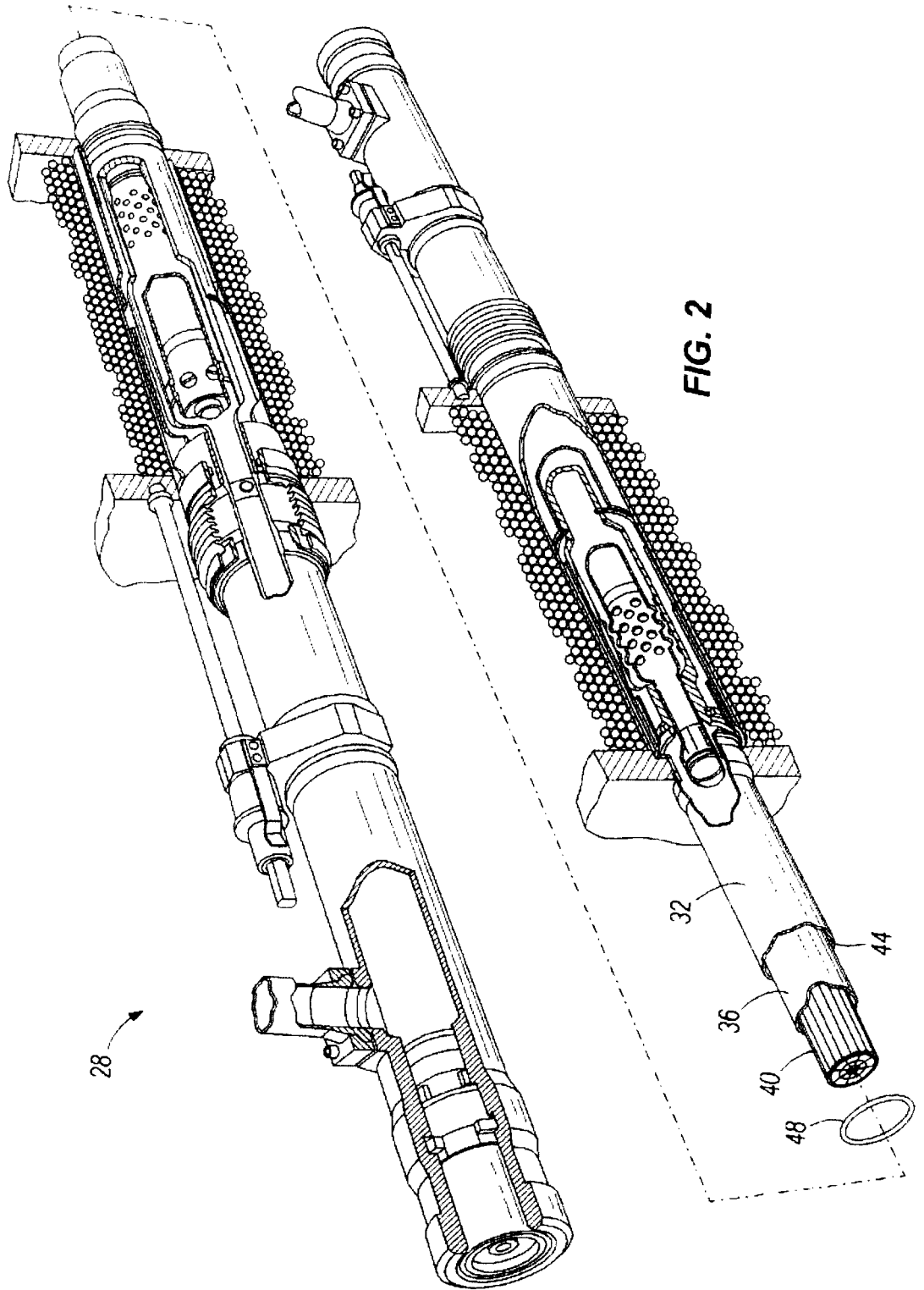


FIG. 2

28

32

36

40

44

48

116

q45

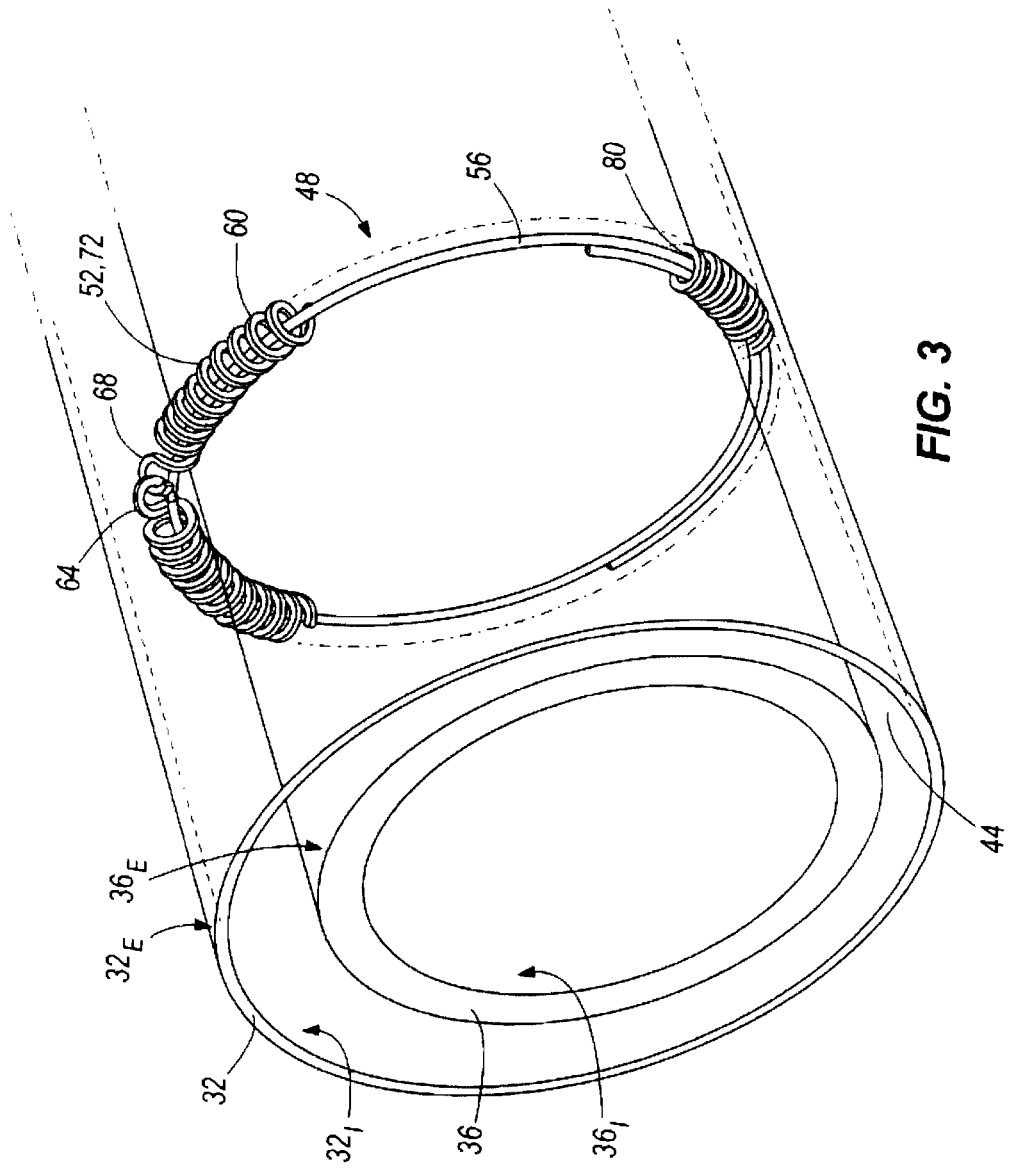


FIG. 3

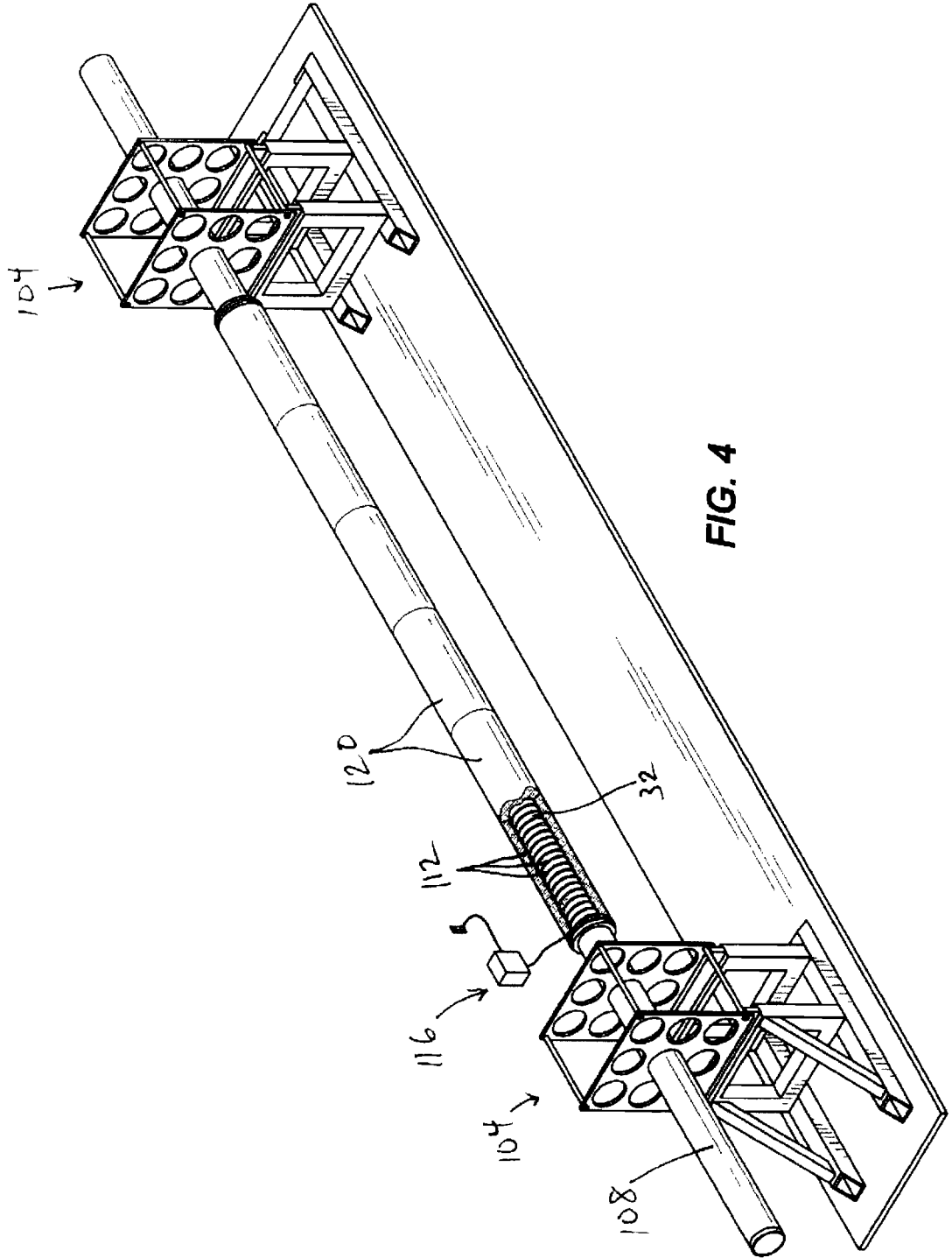


FIG. 4

11/16

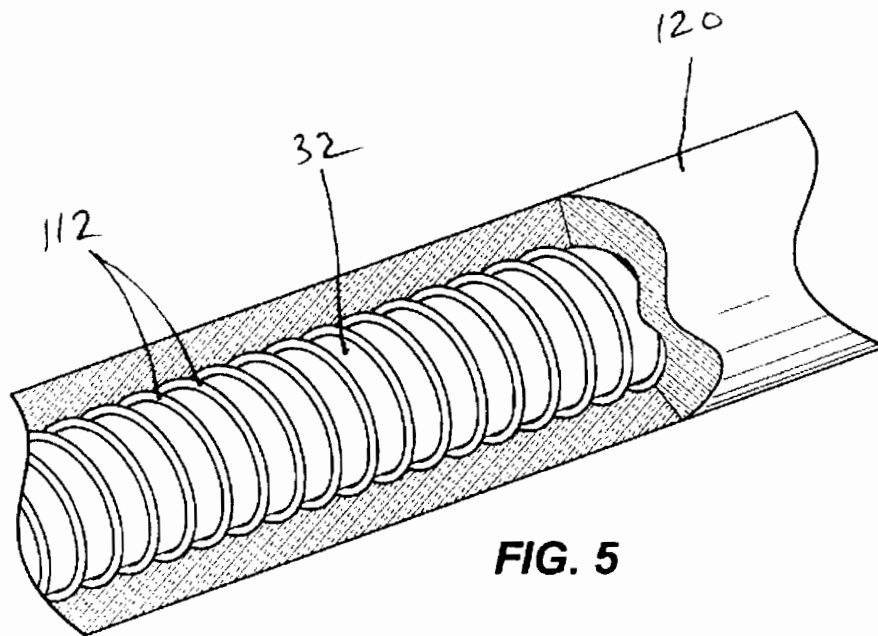


FIG. 5

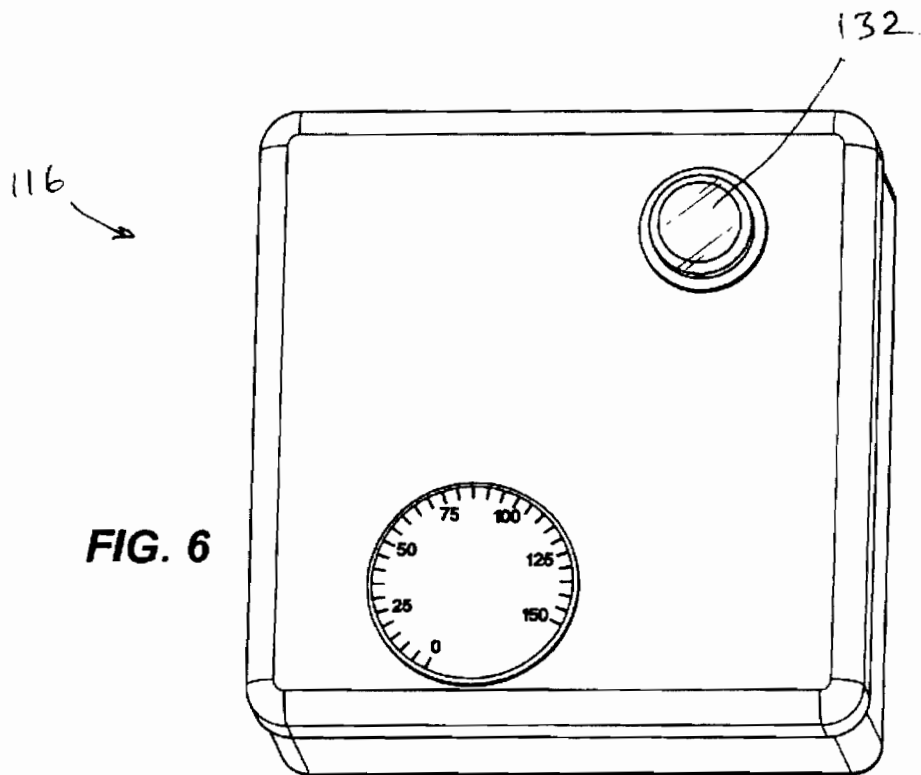
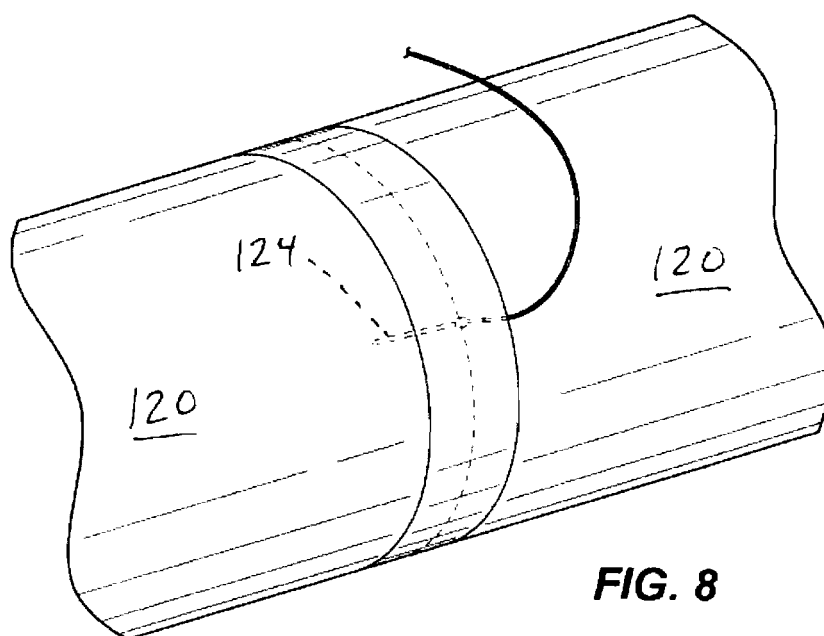
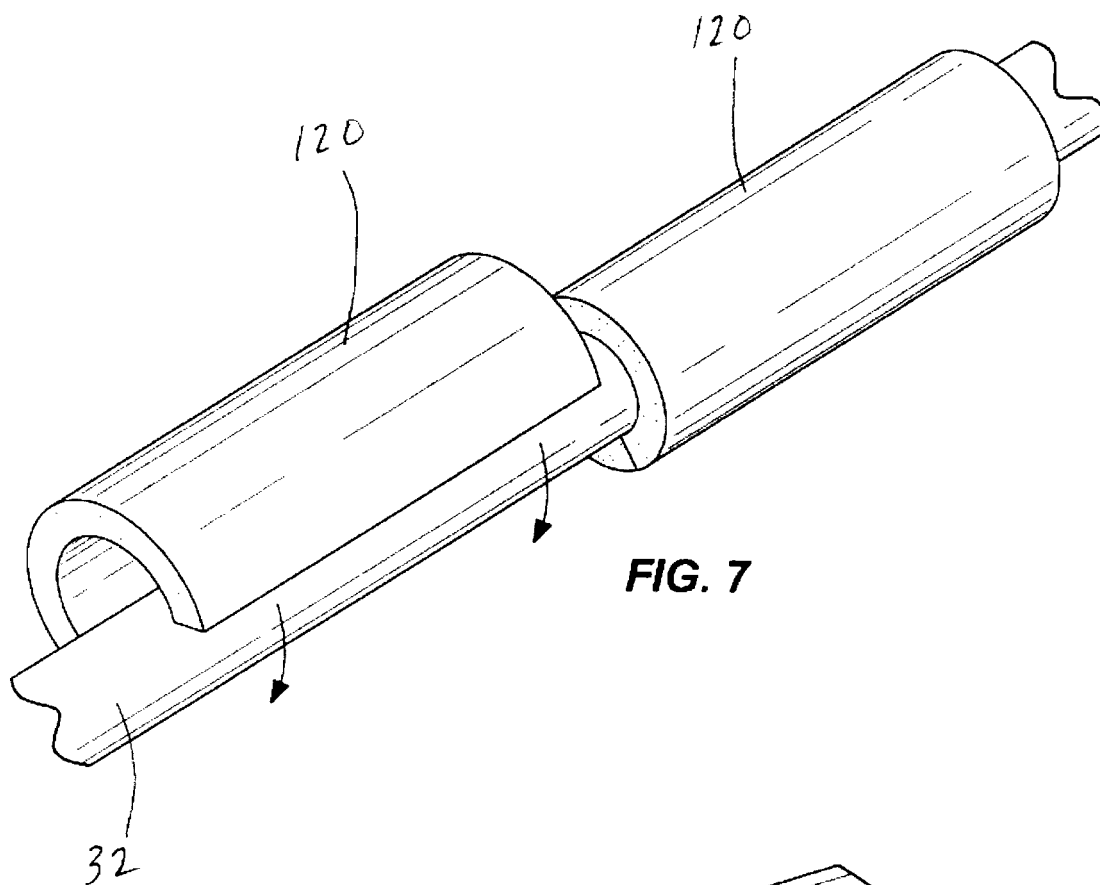


FIG. 6

160



141

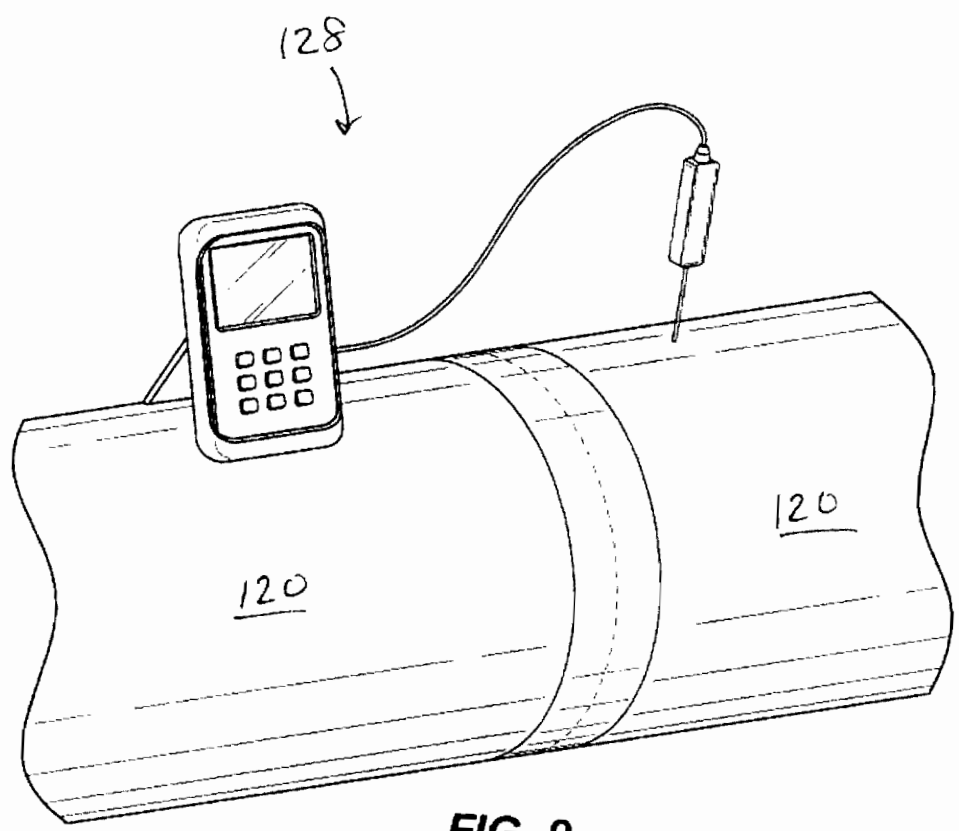


FIG. 9

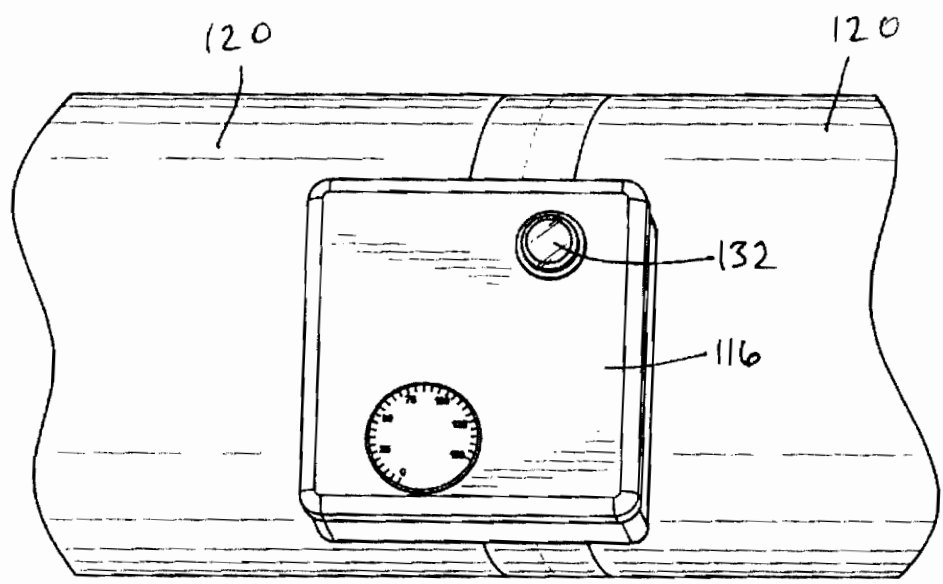


FIG. 10

Handwritten marks

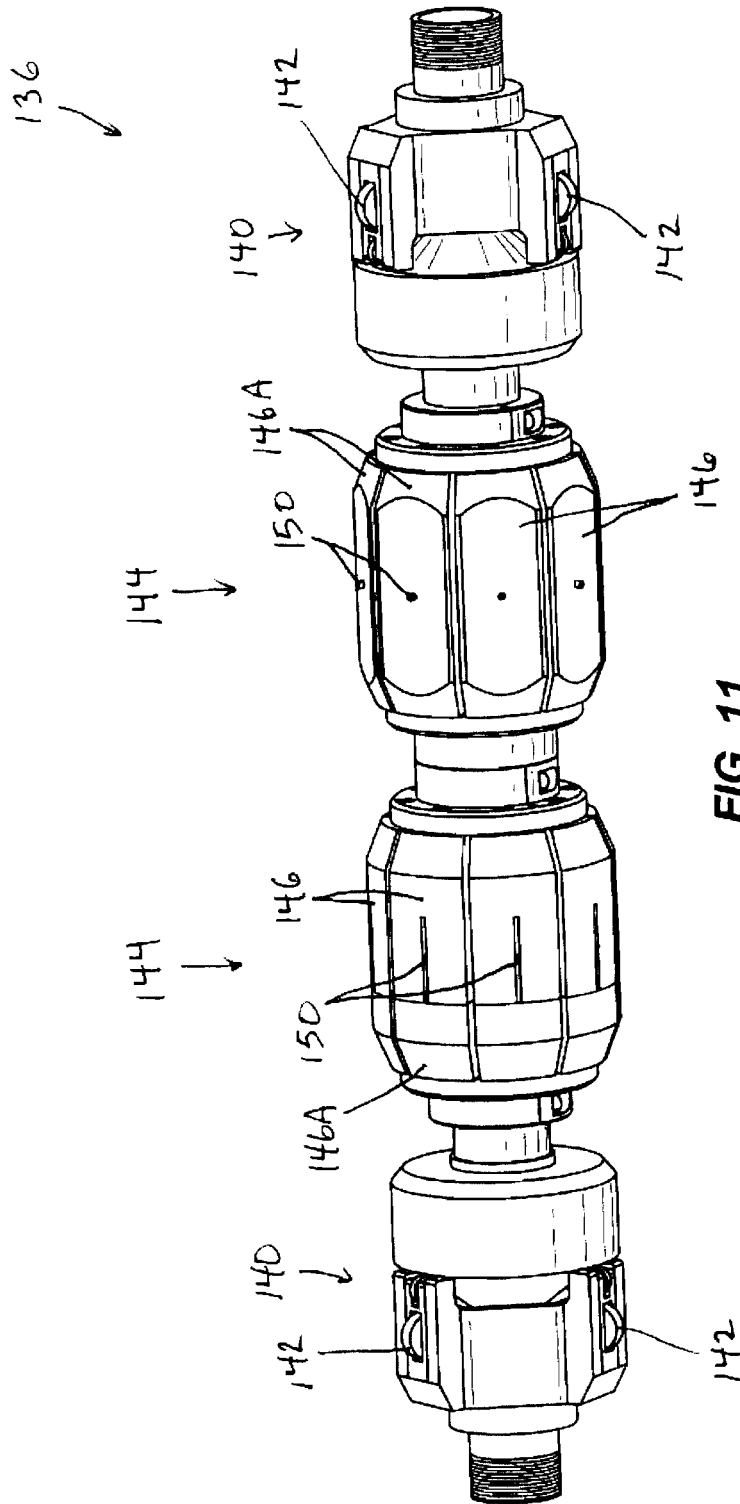


FIG. 11

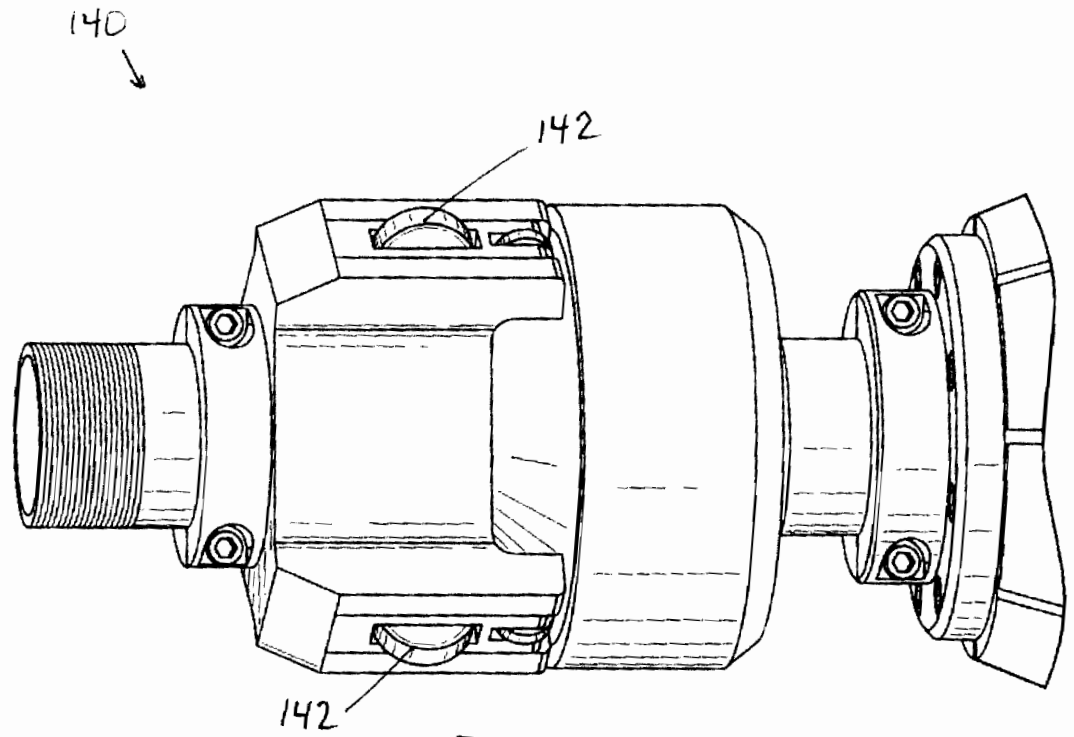


FIG. 12A

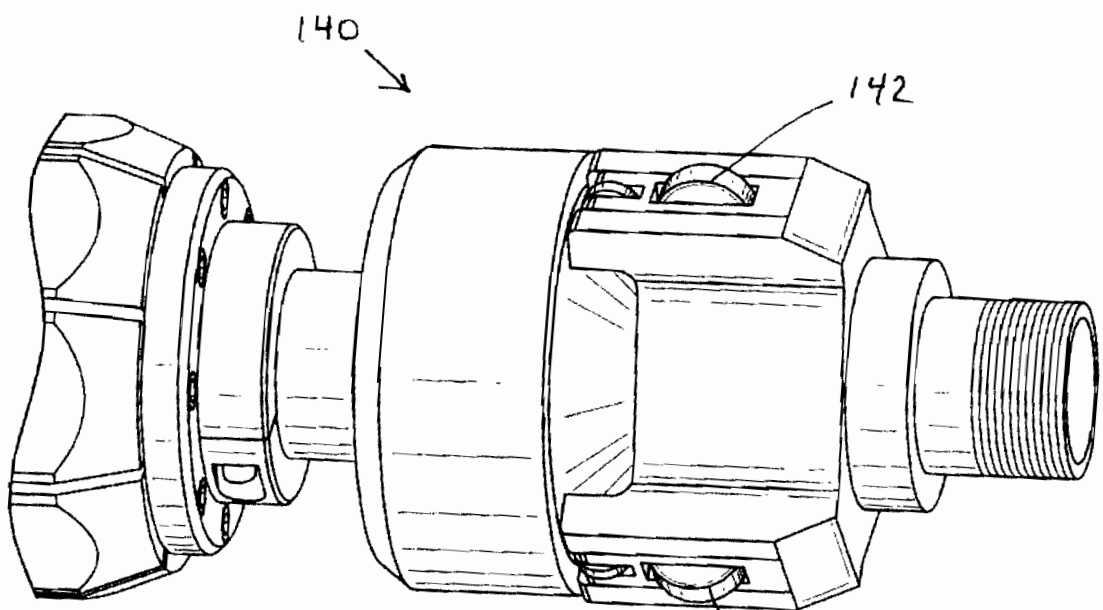


FIG. 12B

138

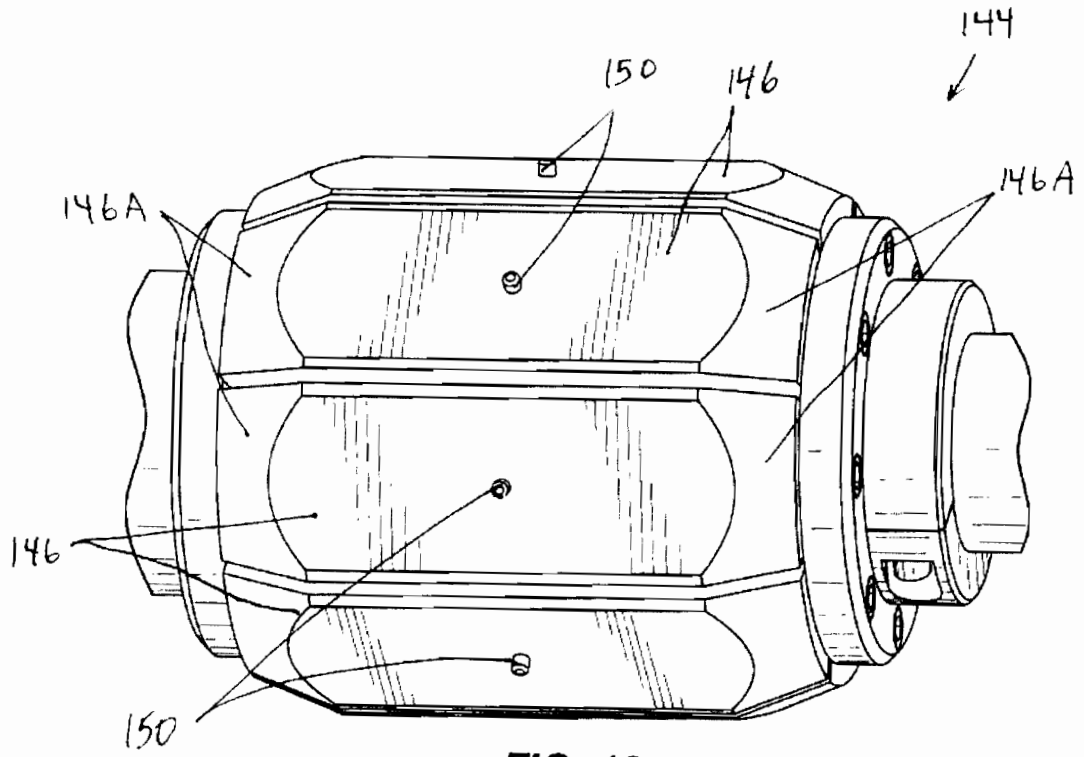


FIG. 13

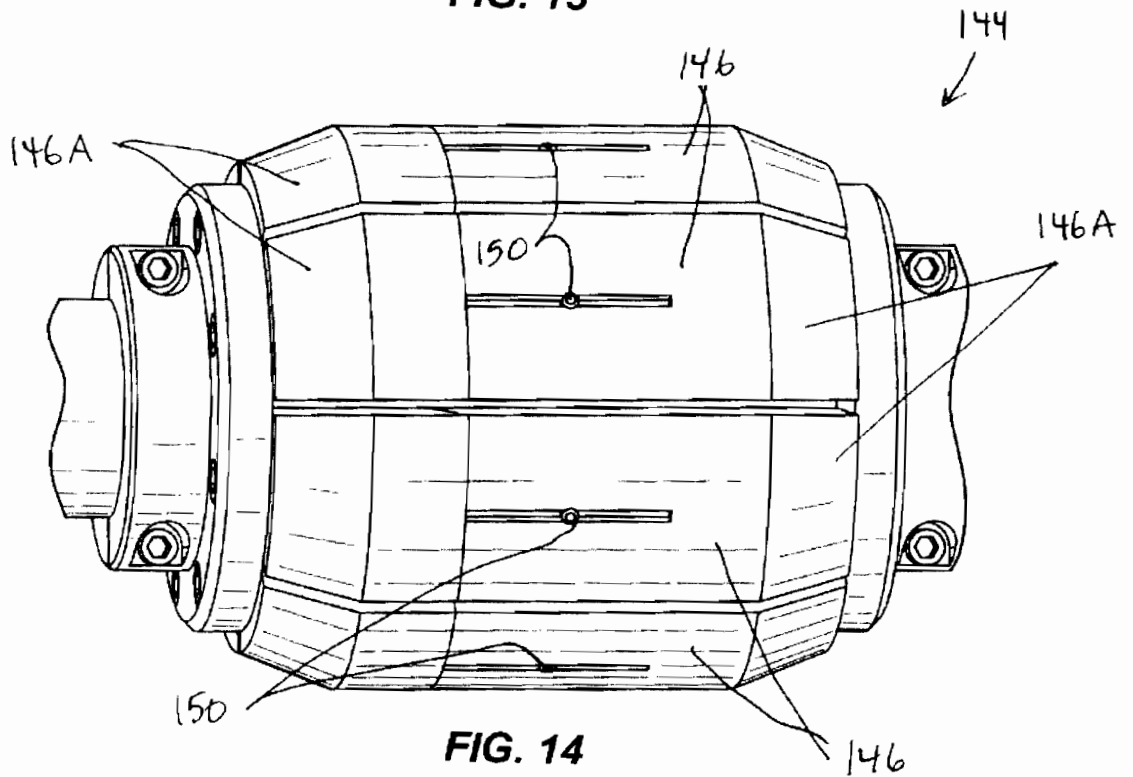


FIG. 14

137

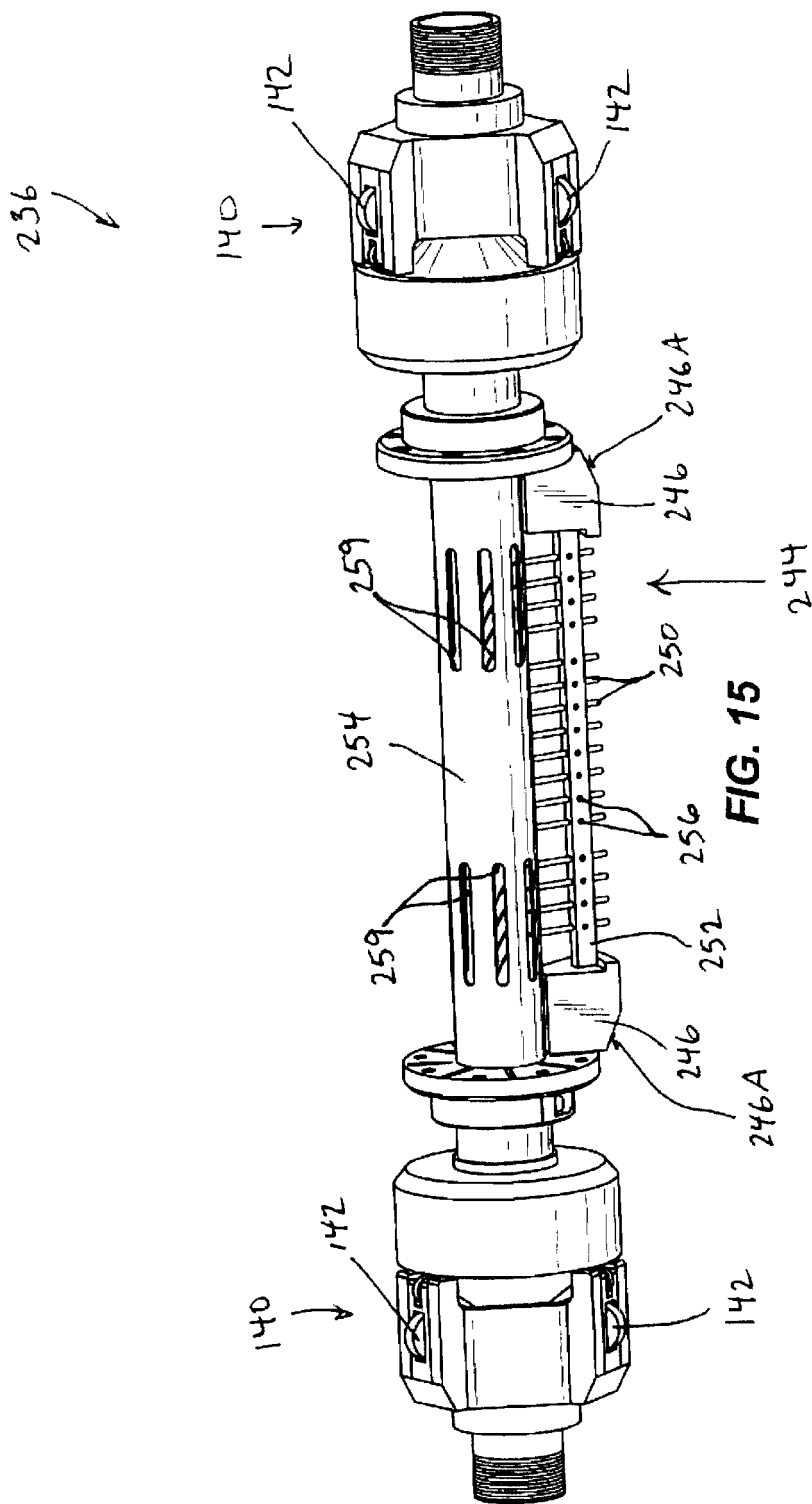
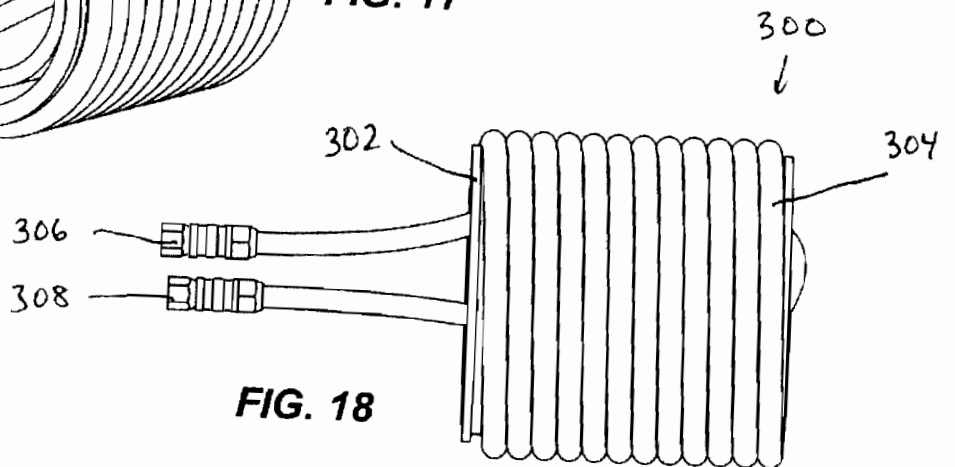
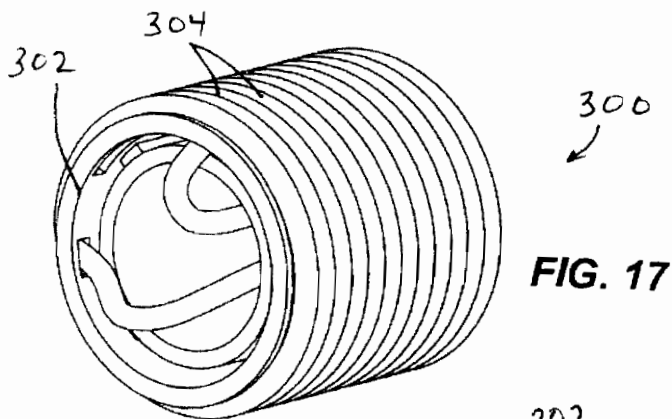
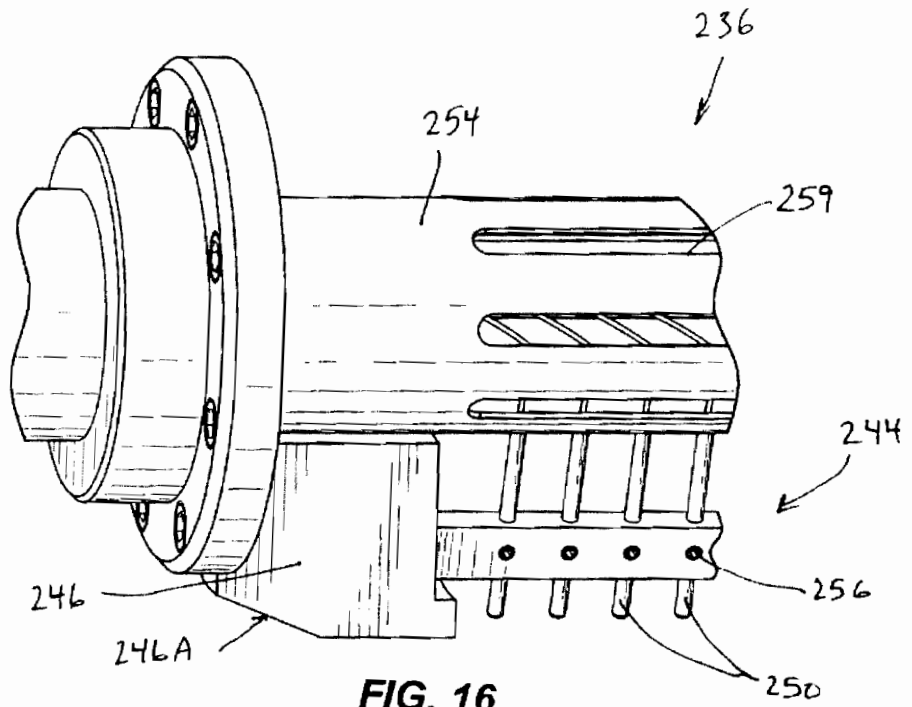


FIG. 15

11/10/12

134



Handwritten mark

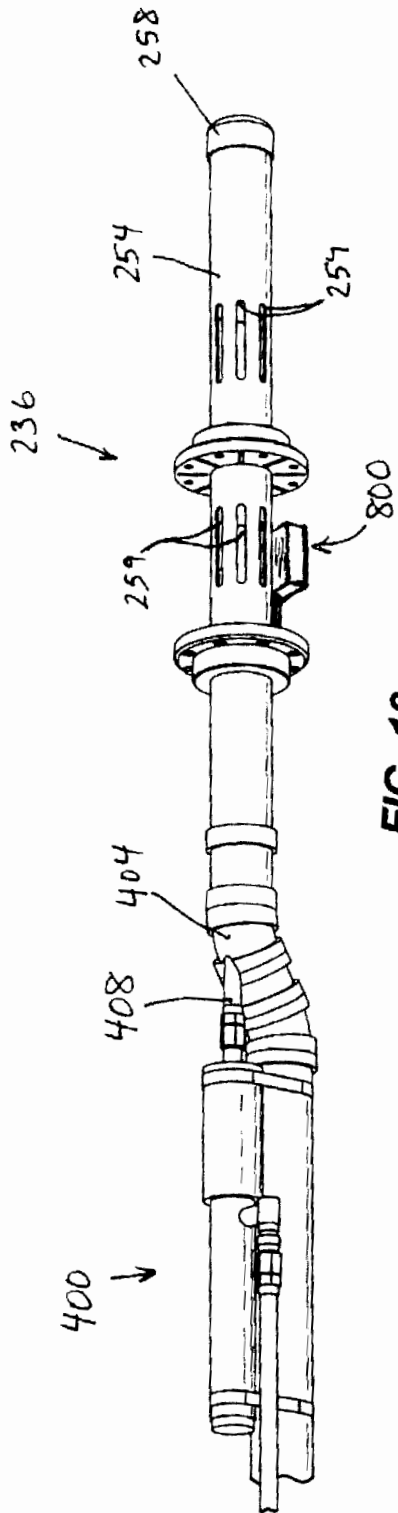


FIG. 19

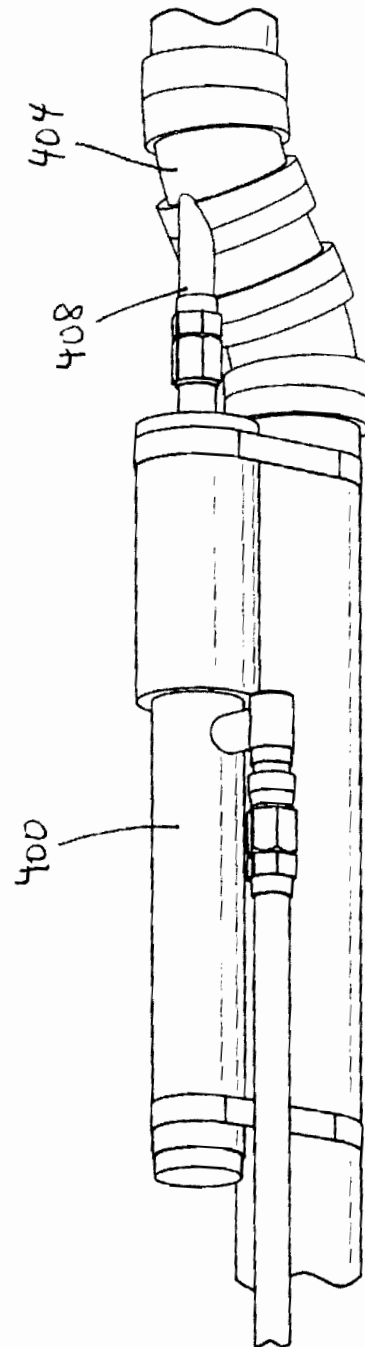


FIG. 20

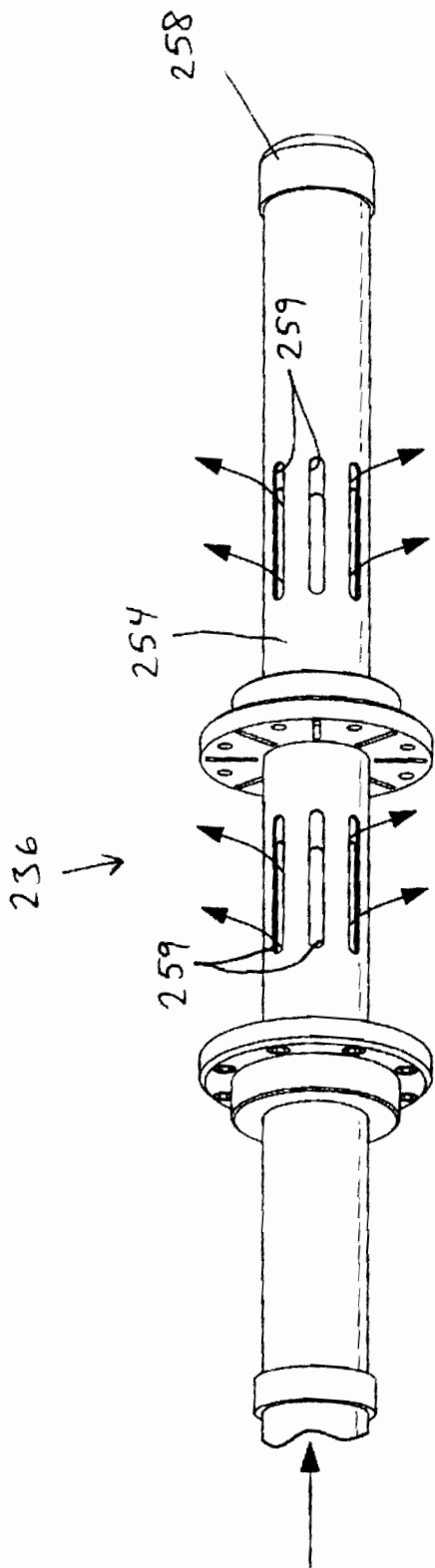


FIG. 21

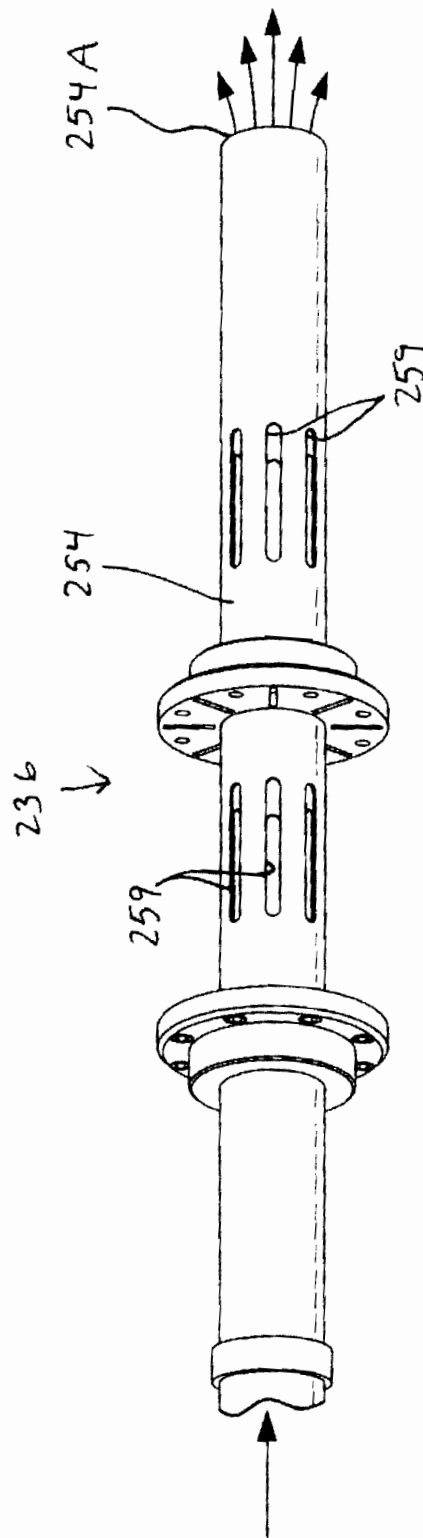


FIG. 22

1083

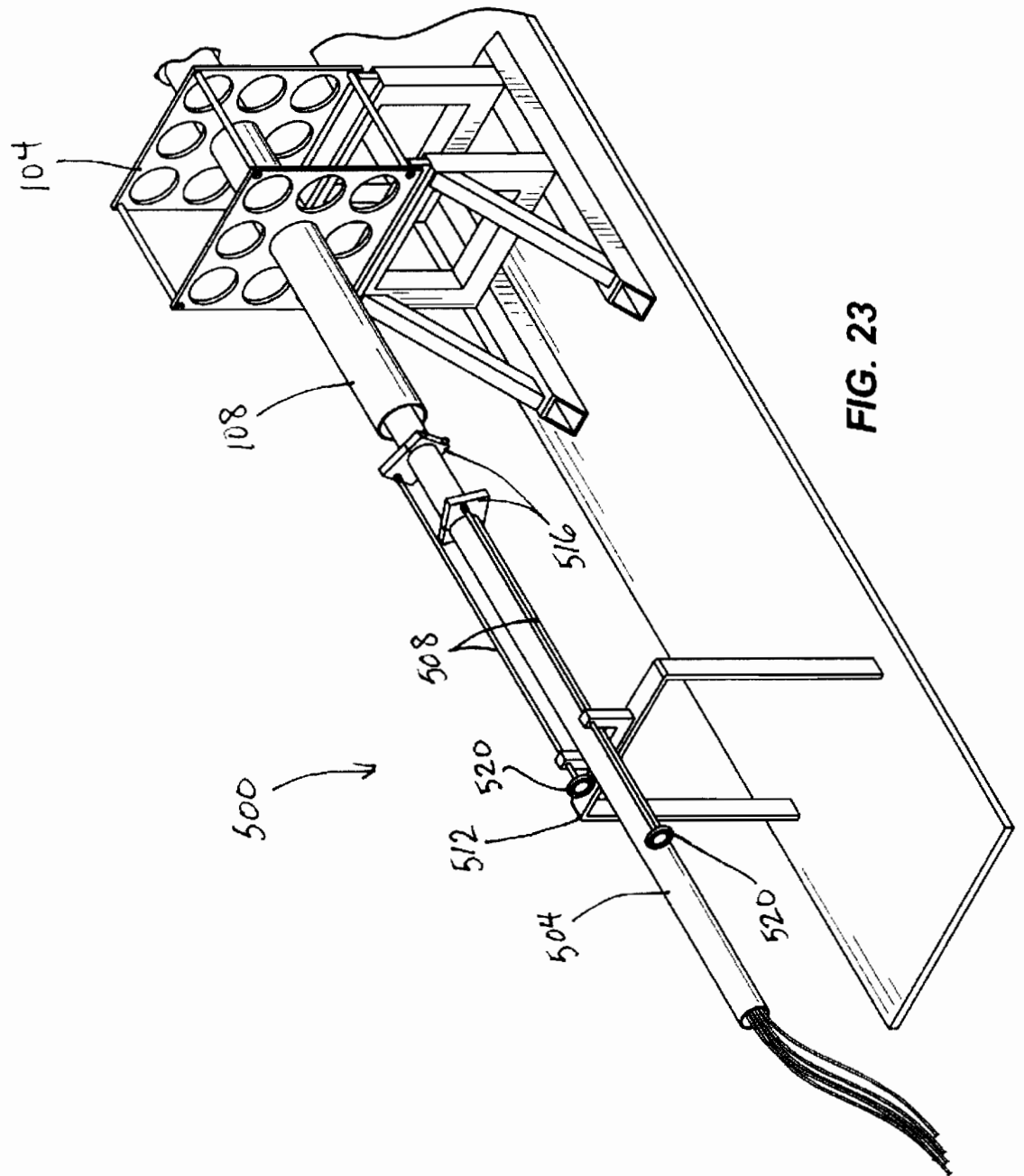


FIG. 23

180

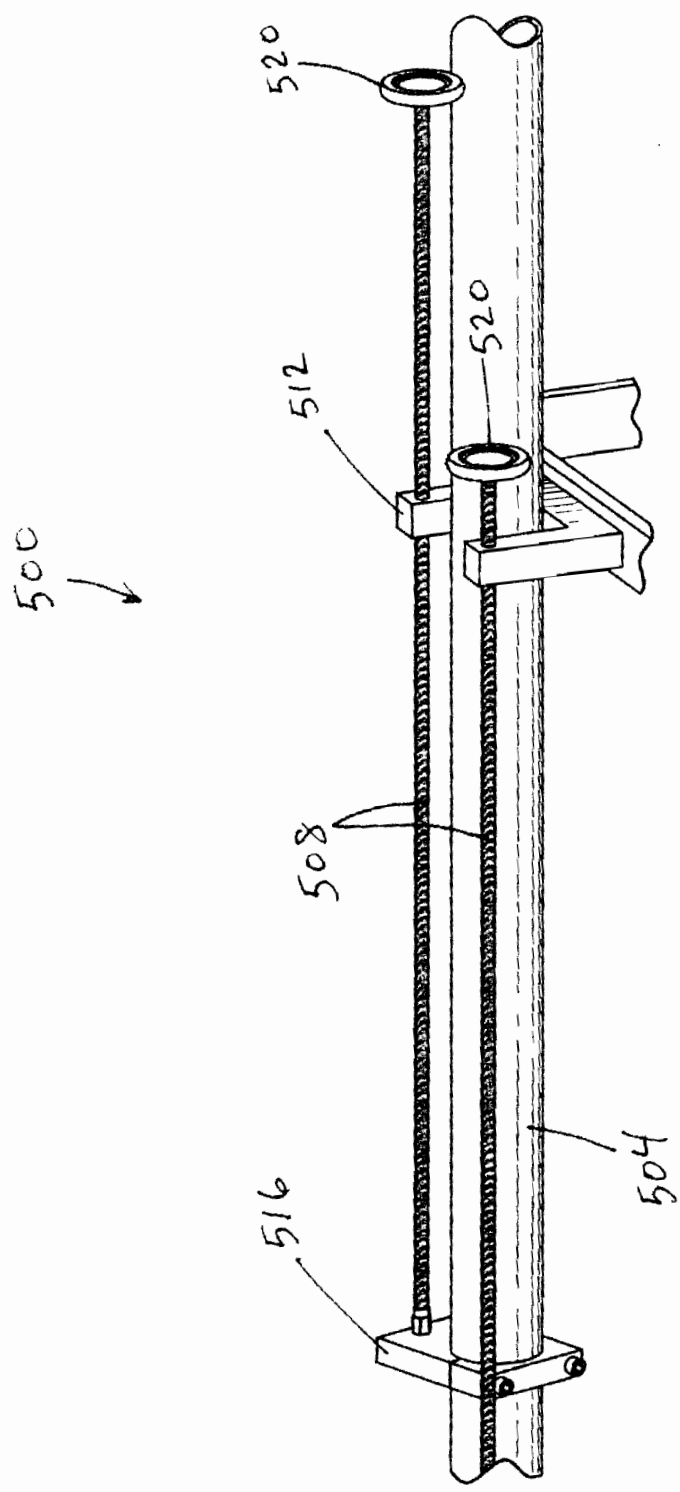


FIG. 24

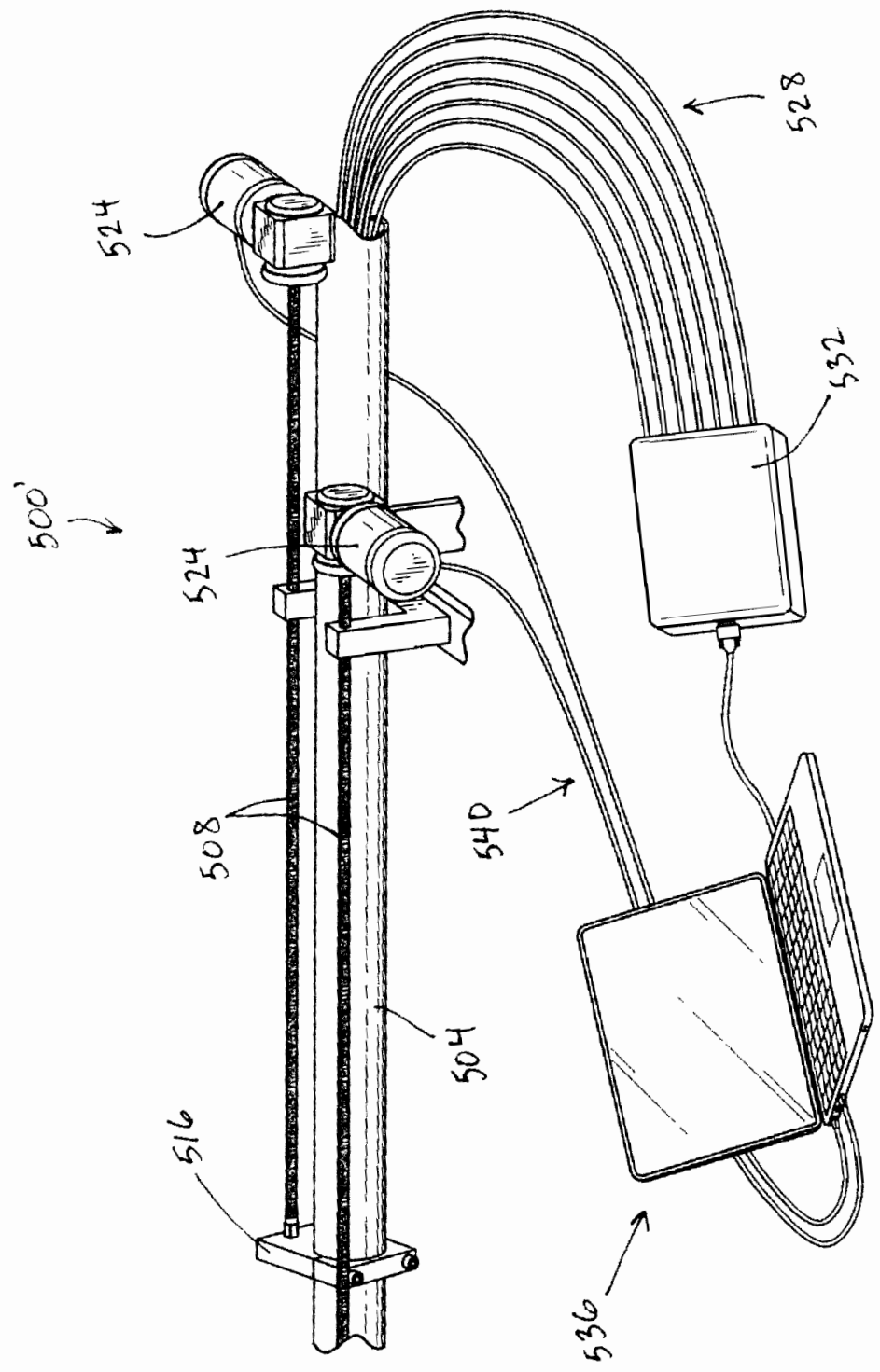


FIG. 25