

(12) **CERERE DE BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2013 00375**

(22) Data de depozit: **17.05.2013**

(30) Prioritate:  
**01.06.2012 CA 2778587**

(41) Data publicării cererii:  
**28.02.2014** BOPI nr. 2/2014

(71) Solicitant:  
• **GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY  
CANADA INC., 1160 MONAGHAN ROAD,  
PETERBOROUGH, ONTARIO, CA**

(72) Inventatori:  
• **WILSON SHAWN M., 1160 MONAGHAN  
ROAD, PETERBOROUGH, ONTARIO, CA;**

• **ONDERWATER THOMAS G.,  
1160 MONAGHAN ROAD,  
PETERBOROUGH, ONTARIO, CA;**  
• **MADANI SEYED MEHDI,  
1160 MONAGHAN ROAD,  
PETERBOROUGH, ONTARIO, CA**

(74) Mandatar:  
**ROMINVENT S.A.,  
STR. ERMIL PANGRATTI NR.35,  
SECTOR 1, BUCUREȘTI**

(54) **ANSAMBLU PENTRU DETERMINAREA MOMENTULUI DE ÎNCOVOIERE ÎN VEDEREA SIMULĂRII GEOMETRIEI GĂSITE ÎN TUBURILE UNUI REACTOR NUCLEAR**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere, destinat utilizării pentru simularea deformației tuburilor într-un reactor nuclear, ca rezultat al funcționării reactorului nuclear. Ansamblul (26) conform invenției cuprinde cel puțin o pereche de elemente (28) de pârghie rigide, pentru cuplarea cu cel puțin o porțiune a unui tub (24), elementele (28) de pârghie extinzându-se radial depărtat de porțiunea de tub, și fiind distanțate axial și securizate pe o porțiune (30) de suprafață exterioară a porțiunii de tub (24), în porțiuni (32) radial interioare ale elementelor (28) de pârghie, și un actuator corespunzător momentului de încovoiere ce se extinde între porțiunile radial exterioare ale fiecărei perechi de elemente (28) de pârghie, pentru aplicarea forței între porțiunile radial exterioare, în care aplicarea forței deplasează porțiunile radial exterioare unele în raport cu altele, pentru aplicarea momentului de încovoiere pe porțiunea de tub ce se extinde între porțiunile radial interioare, pentru a curba corespunzător porțiunea de tub.

Revendicări: 34  
Figuri: 8

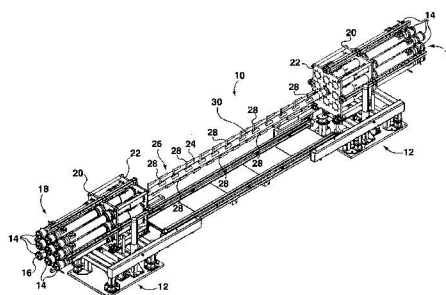
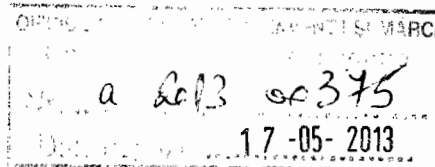


Fig. 1





90

## **ANSAMBLU PENTRU DETERMINAREA MOMENTULUI DE ÎNCOVOIERE ÎN VEDEREA SIMULĂRII GEOMETRIEI GĂSITE ÎN TUBURILE UNUI REACTOR NUCLEAR**

Prezenta invenție se referă la un ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere destinat pentru utilizarea în simularea deformației tuburilor într-un reactor nuclear ca rezultat al funcționării reactorului nuclear.

Într-un reactor nuclear CANDU™, tuburile calandria se extind orizontal pe miezul moderatorului calandria între scuturile de capăt ale reactorului nuclear. Fiecare tub calandria se extinde între tuburile corespondente dintre tuburile grătarului ale scuturilor de capăt. Un tub de presiune este poziționat coaxial în interiorul fiecăruia dintre tuburile calandria. Racorduri de capăt sunt conectate cu tuburile de presiune. Într-un reactor nuclear CANDU, pot exista până la 480 de tuburi calandria și tuburi de presiune corespondente având extremitățile opuse conectate la un racord de capăt.

Tuburile de presiune și tuburile calandria ale unui reactor nuclear CANDU sunt fabricate în mod obișnuit din aliaj de zirconiu. În timpul duratei de funcționare a reactorului, tuburile din aliaj de zirconiu sunt supuse la temperaturi și presiuni diferite și sunt supuse de asemenea la iradiere și flux de neutroni ca parte a funcționării normale a reactorului. Tuburile sunt susținute pe sau sunt fixate la ambele capete și se extind pe o distanță de aproximativ 20 de picioare prin miezul reactorului, în timp ce porțiunea mediană a tuburilor nu este susținută. Ca rezultat al forțelor și uzurii ce acționează asupra tuburilor, tuburilor nu sunt supuse doar unei cedări lente, ci suferă de asemenea o deformare treptată și permanentă. Deformarea poate fi în direcția orizontală, în direcția verticală sau orice combinație a acestora. Una dintre deformații este cunoscută drept „încovoiere” și include curbarea către în jos a tubului în direcția verticală. Încovoierea tuburilor de presiune și a tuburilor calandria poate avea valoare de 3 la 4 inch.

În trecut, industria reactoarelor nucleare a dezvoltat diverse simulări și dispozitive de simulare pentru testarea diverselor aspecte găsite în designul

reactorului într-o locație de simulare non-radioactivă sau clădire situată lângă reactor. În aceste locații de simulare, testarea sculelor, experimentarea sculelor și corecția sculelor poate fi efectuată înainte ca scula să fie utilizată în mediul radioactiv al reactorului nuclear. Totuși, deformarea tubului de presiune și a tubului calandria nu este simulată suficient în condițiile unei machete. Pregătirea și activitățile de repetare pentru inspectarea reactorului și activitățile de mentenanță sunt realizate adesea utilizând tuburi drepte noi sau tuburi deformate rigid, și ca rezultat, nu simulează adecvat deformarea la pregătirea pentru munca în teren.

Încercările anterioare de a simula deformarea de tip încovoiere a tuburilor de presiune și a tuburilor calandria implică curbarea sau deformarea mecanică a tuburilor. O metodă a constat în deformarea plastică a tuburilor noi în interiorul profilului dorit. O alta a constat în deformarea elastică a unui tub nou într-un punct median cu ajutorul unei greutăți sau dispozitive de tensionare. Greutățile pot fi fixate de-a lungul lungimii tubului sau un cablu sau trolu poate aplica tensiunea pe tub. Totuși, îndoirea sau deformarea mecanică a tubului este scumpă deoarece trebuie utilizat un tub nou, și deformarea permanentă a tubului rezultă doar într-un singur profil. Mai multe profiluri de deformare a tuburilor formate în această manieră pentru un singur proiect sunt foarte scumpe. De asemenea, apar mici curburi în tub care pot avea un efect advers asupra secțiunii transversale a tubului, și rezultă în interferențe suplimentare care nu sunt găsite în teren. Deformarea elastică a tubului cu greutate sau dispozitive de tensionare nu este scumpă și nu deformează permanent tubul. Totuși, acesta nu produce un profil reprezentativ deoarece sarcinile aplicate pot fi aplicate doar discret, și adaugă eforturi la tub astfel că acesta nu reacționează normal la sarcinile aplicate în timpul testării și pregătirii.

În vederea simulării geometriei tubului țintă în mediul reactorului nuclear, este important să se considere deformația tubului și includerea acestui factor în operațiunea de simulare. Este de dorit așadar asigurarea unui dispozitiv pentru utilizarea în testarea ce simulează profilurile de deformare așa cum sunt găsite pentru tuburile de presiune și tuburile calandria în mediul reactorului nuclear într-o manieră eficientă din punct de vedere al costului.

Prezenta invenție se referă la un ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere destinat pentru utilizarea în simularea deformației tuburilor într-un reactor nuclear ca rezultat al funcționării reactorului nuclear.

Într-un aspect, este prevăzut un ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere pentru simularea geometriei găsite în tuburile unui reactor nuclear. Ansamblul pentru momentul de încovoiere include cel puțin o pereche de elemente de pârghie rigide pentru cuplarea cu cel puțin o porțiune a unui tub. Elementele de pârghie se extind radial depărtat din porțiunea de tub și sunt distanțate axial și securizate pe o porțiune de suprafață exterioară a porțiunii de tub în porțiuni radial interioare ale elementelor de pârghie. Un actuator adecvat momentului de încovoiere se extinde între porțiunile radial exterioare ale fiecărei perechi de elemente de pârghie pentru aplicarea forței între porțiunile radial exterioare. Aplicarea forței între porțiunile radial exterioare ale elementelor de pârghie deplasează porțiunile radial exterioare unele în raport cu altele pentru aplicarea momentului de încovoiere pe porțiunea de tub ce se extinde între porțiunile radial interioare. Momentul curbează corespunzător porțiunea de tub. Ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere poate fi cuplat cu un ansamblu de simulare pentru simularea geometriei găsite într-un tub de reactor nuclear. Ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere poate include, de asemenea, o multitudine de actuatore pentru determinarea momentului de încovoiere și perechi corespondente de elemente de pârghie.

Ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere poate fi cuplat cu suprafața exterioară a porțiunii de tub la intervale scurte independente reciproc de actuatore pentru realizarea momentului de încovoiere și elemente de pârghie corespondente. Într-un alt aspect, ansamblul include o multitudine de perechi de elemente de pârghie și actuatorele pentru realizarea momentului de încovoiere corespondente poziționate independente reciproc pe porțiunea de suprafață exterioară a porțiunii de tub este un șir în spirală în jurul unei axe longitudinale a porțiunii de tub.

Acea cel puțin o pereche de elemente de pârghie și actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere corespondent pot fi situate pe un prim plan ce traversează o axă longitudinală a porțiunii de tub. Acea cel puțin o altă pereche de elemente de pârghie și actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere corespondent pot fi situate pe un al doilea plan ce traversează axa longitudinală a

porțiunii de tub, în care al doilea plan este diferit de primul plan. Într-un aspect, planele sunt perpendiculare unul pe celălalt și perechile împart o poziție axială de-a lungul porțiunii de tub pentru aplicarea simultană a momentelor de încovoiere perpendiculare independente reciproc pe un segment comun al porțiunii de tub. Într-un alt aspect, planele sunt paralele unul cu celălalt și cea cel puțin o pereche și cea cel puțin cealaltă pereche de elemente de pârghie împart o poziție axială de-a lungul porțiunii de tub pentru aplicarea simultană a momentelor de încovoiere cooperante, independente reciproc pe un segment comun al porțiunii de tub atunci când actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere corespondente sunt energizate. Într-un alt aspect, cea cel puțin o pereche de elemente de pârghie și actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere corespondent constituie o primă serie de elemente de pârghie și actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere corespondente și cea cel puțin cealaltă pereche de elemente de pârghie și actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere corespondent constituie o a doua serie de elemente de pârghie și actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere corespondente. Ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere se extinde continuu de-a lungul porțiunii de tub.

Într-un alt aspect, ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere include cel puțin o pereche de elemente de pârghie rigide pentru cuplarea cu cel puțin o porțiune a unui tub gol la interior. Elementele de pârghie se extind radial depărtat într-o gaură a porțiunii de tub și sunt distanțate axial și securizate pe o porțiune de suprafață interioară a porțiunii de tub în porțiuni radial exterioare ale elementelor de pârghie. Un actuator corespunzător momentului de încovoiere se extinde între porțiunile radial interioare ale fiecărei perechi de elemente de pârghie pentru aplicarea forței între porțiunile radial interioare. Aplicarea forței între porțiunile radial interioare ale elementelor de pârghie deplasează porțiunile radial interioare unele în raport cu altele pentru aplicarea momentului de încovoiere pe porțiunea de tub ce se extinde între porțiunile radial exterioare. Momentul curbează corespunzător porțiunea de tub.

Ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere poate fi utilizat pentru aplicarea momentului pe porțiunea de tub cu valori crescătoare finite de-a lungul lungimii porțiunii de tub. Momentul poate fi un moment pozitiv sau negativ cu orice mărime dorită. Micile curbări de-a lungul lungimii porțiunii de tub asigură

o adaptabilitate ridicată și controlul tangajului și înclinării pe verticală pe lungimea porțiunii de tub fără forțe de răsucire sau ruluu parazite ce acționează asupra porțiunii de tub. În consecință, ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere poate fi utilizat pentru generarea unei reprezentări geometrice a unui tub de presiune sau tub calandria găsit într-un reactor nuclear într-o manieră eficientă din punct de vedere al costului.

Pentru a mai bună înțelegere a naturii și obiectivelor prezentei invenții va fi făcută referire cu titlu de exemplu la figurile schematiche anexate în care:

Figura 1 este o vedere schematică a ansamblului pentru determinarea momentului de încovoiere cuplat cu un ansamblu de simulare;

Figura 2A este o vedere laterală pe înălțime a unui aspect al ansamblului pentru determinarea momentului de încovoiere;

Figura 2B este o vedere în secțiune luată de-a lungul liniei 2B-2B din Fig. 2A;

Figura 3 este o vedere laterală pe înălțime a ansamblului pentru determinarea momentului de încovoiere din Fig. 2A în funcționare;

Figura 4 este o vedere laterală pe înălțime a unui alt aspect al ansamblului pentru determinarea momentului de încovoiere în funcționare;

Figura 5 este o vedere laterală pe înălțime a unui aspect al ansamblului pentru determinarea momentului de încovoiere,

Figura 6 este o vedere în secțiune transversală a aspectului ansamblului pentru determinarea momentului de încovoiere din Figura 5;

Figura 7 este o vedere laterală pe înălțime a unui aspect al ansamblului pentru determinarea momentului de încovoiere; și

Figura 8 este o vedere laterală pe înălțime a ansamblului pentru determinarea momentului de încovoiere cuplat cu o porțiune de suprafață interioară a porțiunii de tub.

Referindu-ne la Figura 1 este prezentat un ansamblu de simulare **10** pentru simularea condițiilor de racord de capăt găsite într-un reactor nuclear. Ansamblul de simulare **10** include două platforme **12** distanțate, fiecare susținând ansamblurile de racord de capăt **14**, **16** într-o configurație **18** de ansamblu de montaj de capăt 3 x 3 corespondentă. Fiecare dintre configurațiile **18** de

ansamblu de racord de capăt 3 x 3 este cuplată cu ansamblul de simulare **10** într-un perete suport interior **20** și un perete suport exterior **22** ai ansamblului de simulare care reprezintă plăcile tubulare interioară și exterioară ale tubului calandria al unui reactor nuclear. Distanța dintre pereții suport interiori **22** reprezintă distanța transversal pe miezul moderatorului calandria al reactorului nuclear ce este simulat de ansamblul de simulare **10**.

Din peretele suport exterior **20** se extinde către exterior o multitudine de ansambluri de racord de capăt false **14** și un singur ansamblu racord de capăt țintă **16**. Ansamblurile de racord de capăt false **14** sunt reprezentative pentru geometria racordului de capăt în raport cu racordul de capăt țintă în mediul reactorului și sunt disponibile să reacționeze la forțele asociate cu sculele utilizate pe un ansamblu racord de capăt țintă.

Ansamblul racord de capăt țintă **16** este montat pe poziție în raport cu peretele suport exterior **20** și are o porțiune interioară (nereprezentată) care este conectată la un tub de presiune care în schimb se extinde în interiorul unei porțiuni de tub coaxiale **24** ce acoperă spațiul dintre configurațiile **18** de ansamblu de racord de capăt. Porțiunea de tub **24** simulează tubul calandria sau tubul de presiune al unui reactor nuclear. Testarea sculelor este realizată pe ansamblurile de racord de capăt țintă **16** în scopul alimentării cu combustibil a reactorului, inspectarea canalului de combustibil, înlocuirea canalului de combustibil, antrenarea utilizării sculelor și experimentarea sculelor asociate cu orice operație ce trebuie realizată pe un canal de combustibil. Ansamblul racord de capăt țintă **16** are aceeași geometrie cu cea găsită în cazul racordurilor de capăt din reactorul nuclear ce este simulat.

Figurile 1 și 2A ilustrează un ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere **26** care este cuplat cu porțiunea de tub **24** pentru simularea deformării unui tub calandria al unui reactor nuclear sau tub de presiune deformat ca rezultat al utilizării reactorului. Deși ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere **26** este descris aici în legătură cu un ansamblu de simulare **10**, ar trebui apreciat faptul că ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere **26** poate fi utilizat în testarea sau simularea funcționării independent de ansamblul de simulare **10**. Ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere **26** poate aplica momentul de încovoiere la o porțiune de tub care nu

este cuplată cu un ansamblu de simulare în scopul simulării geometriei găsite într-un tub de reactor nuclear.

Ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere **26** include o multitudine de elemente de pârghie rigide **28** distanțate axial de-a lungul lungimii porțiunii de tub **24**. În primul exemplu de realizare prezentat, fiecare element de pârghie **28** este securizat la o porțiune de suprafață exterioară **30** a porțiunii de tub **24** adiacentă unei porțiuni radial interioare **32** a elementului de pârghie **28**.

Așa cum este prezentat în Fig. 4, fiecare element de pârghie **28** poate fi fixat detașabil sau permanent la porțiunea de suprafață exterioară **30** a porțiunii de tub **24** utilizând un conector adecvat, cum ar fi un conector de tip inel despicat **36**. Clema tip inel despicat **36** înconjoară cel puțin parțial diametrul exterior al porțiunii de tub **24** și este etanșat în jurul porțiunii de tub **24**. În această manieră, fiecare dintre elementele de pârghie **28** poate fi îndepărtat ușor și re poziționat de-a lungul lungimii porțiunii de tub **24** atunci când este necesar.

Fiecare element de pârghie **28** se extinde radial către exterior în raport cu o axă longitudinală **40** a porțiunii de tub **24**. De preferință, elementul de pârghie **28** se extinde perpendicular din porțiunea de suprafață exterioară **30** în raport cu axa longitudinală **40** a porțiunii de tub **24**. Totuși, extensia elementelor de pârghie **28** din porțiunea de suprafață exterioară **30** nu trebuie să fie în mod precis perpendiculară. Fiecare element de pârghie **28** include de asemenea o porțiune radială exterioară **34**, dispusă radial către exterior în raport cu porțiunea radial interioară **32** a elementului de pârghie **28**.

Deși elementele de pârghie **28** descrise în cadrul de față sunt ilustrate ca fiind elemente de pârghie **28** de tip brațe rigide, ar trebui înțeles faptul că pot fi utilizate și alte tipuri adecvate de element de pârghie. Spre exemplu, elementul de pârghie **28** poate fi un colier inelar care înconjoară porțiunea de suprafață exterioară **30** a porțiunii de tub **24**. Ar trebui înțeles în mod suplimentar faptul că clemele tip inel despicat **36** sunt un exemplu ilustrativ pentru un conector adecvat pentru securizarea elementelor de pârghie **28** la porțiunea de suprafață exterioară **30** a porțiunii de tub **24**. Alte mijloace de securizare pot fi utilizate, incluzând, spre exemplu, mecanisme de fixare, cum ar fi bolțuri sau prin sudarea elementelor de pârghie direct la porțiunea de suprafață exterioară **30** a porțiunii de tub **24**.

Un actuator pentru realizarea momentului de încovoiere se extinde între porțiunea radial exterioară **34** a fiecărei perechi de elemente de pârghie **28**. În



Fig. 2A, actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere este un cilindru pneumatic **42**. Fiecare cilindru **42** este cuplat la oricare capăt al său la unul corespondent al porțiunilor radial exterioare **34** ale elementelor de pârghie **28** din perechea de elemente de pârghie **28**. În Fig. 2A, o axă longitudinală **44** a cilindrului **42** este în mod substanțial paralelă cu axa longitudinală **40** a porțiunii de tub **24**. Cilindrii **42** pot varia de la unul la altul cu privire la orice dimensiune a acestora incluzând, dar nelimitându-se la lungime, lățime și poziție radială.

Într-un mediu de reactor nuclear, tuburile de presiune și tuburile calandria au o anumită conformitate cu dispozitivele introduse. În simularea operațiunilor, este așadar preferabil să se utilizeze actuatore pentru realizarea momentului de încovoiere care sunt maleabile sau nerigide. Aceste actuatore aplică un moment de încovoiere pentru a curba în consecință porțiunea de tub și astfel pentru a asigura forțe de reacție mai precise și reale cu sculele utilizate în operațiunea de simulare. Cilindrii pneumatici sunt un astfel de tip de actuator pentru realizarea momentului de încovoiere. Un arc sau un alt tip de actuator cu forță constantă poate fi utilizat în locul unui cilindru pneumatic. Alte tipuri de actuatore pentru realizarea momentului de încovoiere pot include actuatore hidraulice, actuatore piezoelectrice, șuruburi de cric, arcuri de torsiune sau actuatore rotative, considerând că elasticitatea este proiectată în interiorul mecanismului.

Funcționarea ansamblului pentru determinarea momentului de încovoiere **26**, într-un aspect, este prezentată în Figurile 2A și 3, în care ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere **26** este cuplat cu porțiunea de tub **24** la intervale scurte independente reciproc. Intervalele pot avea o lungime regulată sau neregulată. Mai precis, fiecare interval scurt independent poate include orice număr de perechi de elemente de pârghie **28** și cilindrii **42** corespondenți. Fiecare cilindru **42** se extinde între și este cuplat la ambele capete la porțiunile radial exterioare **34** ale fiecărei perechi de elemente de pârghie **28**. Când este energizat, fiecare cilindru **42** aplică o forță pentru deplasarea porțiunilor radial exterioare **34** ale elementelor de pârghie **28** unele în raport cu altele.

Ar trebui înțeles faptul că fiecare dintre cilindrii **42** poate aplica mărimi de forțe egale sau diferite în raport cu alți cilindri în cadrul ansamblului moment de încovoiere **26**. În această manieră, este prevăzut un mijloc pentru controlul adâncimii deformării în porțiunea de tub **24** care este generată de cilindrii **42**.

Cuplajul între fiecare capăt al cilindrului **42** și porțiunea radial exterioară **34** a elementelor de pârghie **28** corespondente poate fi un cuplaj rigid sau poate fi un cuplaj pivotant. Un cuplaj pivotant între fiecare capăt al cilindrului **42** și porțiunea radial exterioară **34** a elementelor de pârghie **28** corespondente facilitează o modificare rezultată în unghiul relativ dintre elementele de pârghie **28** și axa longitudinală **44** a cilindrului **42** atunci când lungimea cilindrului **42** este modificată.

Aspectul din Fig. 2A este prezentat în funcționare în Fig. 3. Când cilindrul **42** separă porțiunile radial exterioare **34** ale elementelor de pârghie **28** rigide, așa cum este prezentat prin perechile **46**, **48**, **50** și **52**, momentul de încovoiere este aplicat la un segment **54** al porțiunii de tub **24** ce se extinde între porțiunile radial interioare **32** corespondente ale fiecărui element de pârghie **28**. Momentul de încovoiere determină segmentul **54** al porțiunii de tub **24** să devină convex local în raport cu cilindrul **42**. Între porțiunile radial interioare **32** ale elementelor **28**, segmentul de tub **54** este plasat tensionat pe o primă față sau față superioară **60** a acestuia adiacentă cilindrului **42** și în compresiune pe o a doua față sau față inferioară care produce tensionare pe prima față a segmentului de tub **54** și compresiune pe a doua față a segmentului tub **54**, denumit în cadrul de față drept „moment pozitiv”. Când cilindrul **42** trage mai aproape porțiunile radial exterioare **34**, așa cum este prezentat prin perechile **56** și **58**, momentul de încovoiere determină ca respectivul segment **54** al porțiunii de tub **24** să devină concav local în raport cu cilindrul **42**, atunci când segmentul de tub **54** este plasat în compresiune pe prima față **60** a acestuia între porțiunile radial exterioare **32** ale elementelor **28** și sub tensionare pe a doua față opusă **62**. Momentul de încovoiere care produce compresiune pe prima față **60** a segmentului de tub **54** și tensiune pe a doua față **62** a segmentului de tub **54** este denumit în cele ce urmează drept „moment negativ”. În această manieră, este posibil să se genereze un profil de curbe multiple reale în porțiunea de tub **24**. Așa cum este prezentat în Fig. 3, acesta poate fi un profil sub formă de undă sau sub formă de cosinus.

În Fig. 2A și 3, perechile de elemente de pârghie **46**, **48**, **50**, **52**, **56** și **58** sunt prezentate ca fiind situate într-un singur plan vertical ce traversează axa longitudinală **40** a porțiunii de tub **24**. Totuși, perechile **64**, **66**, **68**, **70** și **72** se află pe un al doilea plan orizontal care este aproximativ perpendicular în raport cu planul vertical în care se situează celelalte perechi **46**, **48**, **50**, **52**, **56** și **58**.

Perechile **64**, **66**, **68**, **70** și **72** pot fi utilizate pentru aplicarea momentului pozitiv sau negativ pentru curbarea porțiunii de tub **30** în planul orizontal.

Se situează în domeniul prezentei invenții poziționarea a mai mult de o pereche de elemente de pârghie **28** pe același segment **54** al porțiunii de tub **24**. Așa cum este prezentat în Figurile 2A, 2B și 3, perechile **56** și **58** și perechile **66** și **68** sunt situate în aceeași poziție axială împreună cu porțiunea de tub **24** și împart același segment **54** al porțiunii de tub **24**. Totuși, perechile **56** și **58** se situează pe planul vertical în timp ce perechile **66** și **68** se situează pe planul orizontal. Deoarece cilindrii **42** ai perechilor **56**, **58**, **66** și **68** pot aplica fiecare mărimi diferite de forțe, și deoarece perechile sunt poziționate astfel încât momentul poate fi aplicat simultan în planuri perpendiculare, este posibil să se controleze simultan gradul și direcția de curbare a segmentelor individuale **54** ale porțiunii de tub **24** atât în direcția orizontală cât și în direcția verticală (tangajul și înclinarea pe verticală). Prin aplicarea acestui aspect la segmentele predeterminate ale porțiunii de tub **24** este posibil să se aplice un unic moment de încovoiere la creșteri finite pentru a obține orice profil dorit pentru porțiunea de tub **24**. Mai mult, prin menținerea paralelismului între axele longitudinale ale cilindrilor **42** cu axa longitudinală **40** a porțiunii de tub **24**, acest control finit al tangajului și înclinării pe verticală în porțiunea de tub **24** este obținut fără utilizarea forțelor de răsucire sau „rului” parazite în porțiunea de tub **24**.

În Fig. 4, ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere **26** se extinde continuu de-a lungul lungimii porțiunii de tub **24** și este aranjat în două serii de cilindri **42** și elemente de pârghie **28** corespondente, dispuse opus. Perechile de elemente de pârghie **74**, **76**, **78**, **80**, **82** și **84** și respectiv cilindrii **42** ce se extind între ele sunt cuplate cu prima față sau fața superioară **60** a porțiunii de tub **24**. Perechile de elemente de pârghie **86**, **88**, **90**, **92**, **94** și **96** și cilindrii **42** ce se extind între ele sunt cuplate cu a doua față sau fața inferioară **62** a porțiunii de tub **24**. Perechile de elemente de pârghie **28** din ansamblul **26** sunt opuse diametral prin faptul că ele împart poziții axiale corespondente. Perechile diametral opuse **28** cooperează așadar pentru aplicarea momentului pe segmentele **54** ale porțiunii de tub **24** ce se extind reciproc între ele.

În funcționare, cilindrii **42** ce se extind între perechile de elemente de pârghie **74** și **84** aplică un moment pozitiv în timp ce cilindrii **42** ce se extind între perechile de elemente de pârghie **86** și **96** aplicând simultan momentul negativ. În

această manieră, porțiunea de tub **24** este deformată astfel încât aceasta este convexă local în raport cu cilindrii corespondenți **42** la nivelul feței superioare **60** a porțiunii de tub **24** și concavă local în raport cu cilindrii corespondenți **42** pe fața inferioară **62** a porțiunii de tub **24**. În mod invers, în raport cu perechile **76, 78, 80** și **82**, momentul negativ este aplicat pe fața superioară **60** a porțiunii de tub **24**. Perechile diametral opuse **88, 90, 92** și **94** aplică simultan momentul pozitiv pe fața inferioară **62** a porțiunii de tub **24**. În această manieră, momentul de încovoiere combinat poate fi aplicat pe segmentele individuale **54** ale porțiunii de tub **24** extinzându-se împreună între porțiunile radial interioare **32** ale perechilor diametral opuse de elemente de pârghie **28**. Astfel, încovoierea porțiunii de tub **24** cu valori crescătoare finite de-a lungul întregii lungimi a acesteia poate fi obținută cu un grad ridicat de eficiență.

În legătură Fig. 4, ar trebui înțeles faptul că deși perechile **74, 76, 78, 80, 82** și **84** de pe fața superioară **60** a porțiunii de tub **24** sunt prezentate ca fiind paralele cu perechile **86, 88, 90, 92, 94** și **96** de pe porțiunea inferioară **62**, cele două serii de elemente **28** și cilindrii **42** se pot situa pe planuri diferite concomitent cu împărțirea pozițiilor axiale corespondente de-a lungul porțiunii de tub **24**. Într-un aspect, planele sunt perpendiculare unul în raport cu celălalt. În consecință, când cilindrii **42** corespondenți sunt energizați, perechile de elemente **28** din prima serie și perechile de elemente **28** din a doua serie pot aplica simultan momente de încovoiere perpendiculare, independente pe segmentele comune **54** ale porțiunii de tub **24**. Așadar, adâncimea curburii într-un plan vertical și într-un plan orizontal sau tangajul și înclinarea pe verticală, ale porțiunii de tub **24** pot fi controlate continuu de-a lungul lungimii acesteia.

Eforturile generate în porțiunea de tub **24** ca rezultat al momentului de încovoiere sunt menținute în domeniul elastic al materialului din care este fabricată porțiunea de tub **24** pentru a preveni deformația permanentă a porțiunii de tub **24**. În consecință, porțiunea de tub **24** este readusă la forma inițială după ce cilindrii **42** sunt de-energizați și poate fi reutilizată pentru a genera un profil diferit în aceeași operație sau o operație diferită.

În aspectul ilustrat în Fig. 5, perechile de elemente **28** și cilindrii **42** corespondenți sunt poziționați pe porțiunea de suprafață exterioară **30** a porțiunii de tub **24** într-un șir în general circular sau spiral în jurul axei longitudinale **40** a porțiunii de tub **24**. Perechile de elemente **28** și cilindrii **42** pot fi distanțați regulat

sau neregulat unii de alții. În Fig. 5, componentele care ar fi direct vizibile în vederea în perspectivă sunt ilustrate utilizând linii continue. Componentele care nu ar fi vizibile direct în vederea în perspectivă dar care sunt prezente fără îndoială în acest aspect al ansamblului pentru determinarea momentului de încovoiere **26** (și anume acele elemente **28** și cilindrii **42** care trec prin „spatele” porțiunii de tub **24**) sunt ilustrate cu linii punctate. Cilindrii individuali **42** sunt independenți reciproc față de alții din ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere **26**. Fiecare cilindru **42** aplică forță cu o mărime predeterminată pe porțiunile radial exterioare **34** ale elementelor de pârghie **28** pentru aplicarea momentului în singurul său plan asociat. Sub forța combinată a cilindrilor **42**, porțiunea de tub **24** este supusă momentului de încovoiere simultan în mai multe planuri care generează în aceasta un profil sub formă de spirală. Șirul în spirală se poate extinde pe întreaga lungime a porțiunii de tub **24** sau se poate extinde doar parțial de-a lungul întregii lungimi a porțiunii de tub **24**. Ar trebui înțeles așadar faptul că se situează în interiorul domeniului prezentei invenții aplicarea momentului în mai multe planuri nu doar pe porțiunea de tub **24**, așa cum este prezentat în Fig. 5, ci și pe porțiuni sau valori finite ale porțiunii de tub **24**.

În mod similar cu aspectul descris în legătură cu Fig. 4, ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere **26** poate include un al doilea șir spiral de cilindri **42** și elemente **28** opuse diametral în raport cu șirul spiral prezentat în Fig. 5. În această manieră, momentul poate fi aplicat combinat pe segmentele **54** ale porțiunii de tub **24** în mai multe planuri pentru a genera un profil sub formă de spirală în porțiunea de tub **24**. Fig. 6 prezintă în secțiune transversală o primă pereche diametral opusă de elemente **98a** și **98b** și perechile diametral opuse de elemente **100a** și **100b** adiacente porțiunii de tub **24**. Perechile de elemente **98a** și **98b** sunt situate pe un prim plan **102** ce trece prin axa longitudinală **40** a porțiunii de tub **24**. Perechile de elemente **100a** și **100b** sunt deplasate de-a lungul axei longitudinale **40** în raport cu perechile **98a** și **98b**. Perechile de elemente **100a** și **100b** sunt situate pe un al doilea plan **104** ce traversează axa longitudinală **40** a porțiunii de tub **24** care este deplasată unghiular în raport cu primul plan **102**. Din motive de simplificare, cilindrii **42** au fost omiși din Fig. 6. Totuși, fiecare cilindru **42** se extinde între porțiunile radial exterioare **34** ale perechii de elemente de pârghie **28**.

În aspectul prezentat în Fig. 7, extensia axială pe care acționează cilindrii **42** este diferă între cilindrul superior **42** și cilindrul inferior **42**. Mai mult, elementele de pârghie **28** ale perechii inferioare de elemente de pârghie **28** sunt mai scurte decât elementele de pârghie **28** din perechea superioară de elemente de pârghie **28**. Utilizarea cilindrilor **42** și a elementelor de pârghie **28** mai lungi sau mai scurți asigură un număr de avantaje. Elementele de pârghie mai lungi măresc distanța radială între cilindrul **42** și porțiunea de tub **24**. Cu cât elementele de pârghie **28** sunt mai lungi, cu atât trebuie aplicată o forță mai redusă de către cilindrul **42** pentru a asigura momentul de încovoiere pe porțiunea de tub **24**. Astfel, este asigurat un mijloc suplimentar pentru controlul adâncimii încovoierii în porțiunea de tub **24** generată de cilindrul **24**. Elementele de pârghie **28** mai scurte reduc distanța radială a cilindrilor **42** față de porțiunea de tub **24**. Utilizarea elementelor de pârghie **28** mai scurte în una sau mai multe porțiuni ale ansamblului pentru determinarea momentului de încovoiere **26** permite ansamblului pentru determinarea momentului de încovoiere **26** să fie găzduit în zone având limitări de spațiu. Utilizarea elementelor de pârghie **28** mai scurte și mai lungi și a cilindrilor **42** mai lungi și mai scurți poate permite, spre exemplu, ca un cilindru **42** să fie suprapus în direcția radială peste alt cilindru **42** în ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere **26**, așa cum este prezentat în Fig. 7.

Deși aspectele de mai sus ale invenției au fost descrise în termenii unui ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere **26** cuplat cu o porțiune de suprafață exterioară **30** a unei porțiuni de tub **24**, ar trebui înțeles faptul că se situează în domeniul prezentei invenții existența unui ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere **26**, așa cum este prezentat în Fig. 8, cuplat cu o porțiune de suprafață interioară **106** a unei porțiuni de tub **24**.

În aspectul prezentat în Fig. 8, ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere **26** este cuplat cu o porțiune de suprafață interioară **106** a porțiunii de tub **24** și se extinde continuu de-a lungul lungimii porțiunii de tub **24**. Ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere **26** include două serii de cilindrii **42** și elementele de pârghie **28** corespondente dispuse opus pe prima sau suprafața superioară **60** a porțiunii de tub **24** și a doua sau suprafața inferioară **62** a porțiunii de tub **24**. Porțiunile radial exterioare **34** ale perechilor de elemente de pârghie **28** sunt cuplate prin orice mijloace adecvate la porțiunea de

suprafață interioară **106** a porțiunii de tub **24**. Cilindrii **42** se extind între porțiunile radial interioare **32** ale elementelor de pârghie **28**. Cilindrii **42** și elementele de pârghie **28** ale ansamblului pentru determinarea momentului de încovoiere **26** sunt ilustrate în Fig. 8 acționând în mod substanțial în aceeași manieră ca și în aspectele ansamblului pentru determinarea momentului de încovoiere **26** descrise mai sus în legătură cu porțiunea de suprafață exterioară **30** a porțiunii de tub **24**. Deși ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere **26** ilustrat în Fig. 8 include două serii de cilindri **42** și elemente de pârghie **28**, este posibil să se aplice momentul pe porțiunea de tub **24** utilizând aspectele menționate mai sus cum ar fi intervale scurte independente reciproc de cilindri **42** și elemente **28**, una sau mai multe serii de cilindri și elemente de pârghie extinzându-se pe lungimea porțiunii de tub **24**, sau una unul sau mai multe șiruri circulare sau spirale de cilindri și elemente de pârghie extinzându-se cel puțin parțial de-a lungul lungimii porțiunii de tub.

În funcționare, cilindrii **42** din porțiunea superioară **60** a porțiunii de tub **24** pot aplica unul dintre un moment negativ și un moment pozitiv în timp ce cilindrii **42** din porțiunea inferioară **62** a porțiunii de tub **64** pot aplica simultan celălalt dintre un moment negativ și un moment pozitiv. Astfel, seriile ansamblului pentru determinarea momentului de încovoiere **26** pot coopera pentru curbarea porțiunii de tub **24** în configurația dorită. Mai mult, cuplarea ansamblului pentru determinarea momentului de încovoiere **26** cu o porțiune de suprafață interioară **106** a porțiunii de tub **24** poate asigura o interferență mai mică între ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere **26** și caracteristicile mediului de operare a ansamblului pentru determinarea momentului de încovoiere **26**. Spre exemplu, ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere **26** prezentat în Fig. 8 nu va interfera cu alte componente ale ansamblului de simulare **10**, când ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere **26** este utilizat împreună cu ansamblul de simulare **10**.

Deși a fost descris în cadrul de față ceea ce a fost considerat ca fiind exemplele de realizare preferate și ilustrative a prezentei invenții, alte modificări ale acestor exemple de realizare ce se situează în interiorul invenției descrise aici vor fi evidente pentru persoanele de specialitate în domeniu.

## REVENDICĂRI

1. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere pentru simularea geometriei găsite într-un tub de reactor nuclear, ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere cuprinzând:

- cel puțin o pereche de elemente de pârghie rigide pentru cuplarea cu cel puțin o porțiune a unui tub, elementele de pârghie extinzându-se radial depărtat din porțiunea de tub și fiind distanțate axial și securizate pe o porțiune de suprafață exterioară a porțiunii de tub în porțiuni radial interioare ale elementelor de pârghie;

- un actuator corespunzător momentului de încovoiere ce se extinde între porțiunile radial exterioare ale fiecărei perechi de elemente de pârghie pentru aplicarea forței între porțiunile radial exterioare; în care,

aplicarea forței între porțiunile radial exterioare ale elementelor de pârghie deplasează porțiunile radial exterioare unele în raport cu altele pentru aplicarea momentului de încovoiere pe porțiunea de tub ce se extinde între porțiunile radial interioare pentru a curba corespunzător porțiunea de tub.

2. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 1, în care ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere este cuplat cu un ansamblu de simulare pentru simularea geometriei găsite într-un tub de reactor nuclear.

3. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 1, cuprinzând o multitudine de actuatore pentru realizarea momentului de încovoiere și perechi corespondente de elemente de pârghie.

4. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 3, în care unele dintre actuatorele pentru realizarea momentului de



încovoiere aplică forțe cu aceeași mărime sau mărime diferită în raport cu forța aplicată de alte actuatore pentru realizarea momentului de încovoiere.

5. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 1, în care o axă longitudinală a actuatorului pentru realizarea momentului de încovoiere este paralelă cu o axă longitudinală a porțiunii de tub.

6. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 1, în care elementele de pârghie sunt fixate detașabil pe porțiunea de suprafață exterioară a porțiunii de tub.

7. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 1, în care elementele de pârghie sunt selectate dintr-un grup constând din brațe de pârghie rigide și un colier inelar care înconjoară cel puțin parțial axa longitudinală a porțiunii de tub și este cuplată cu porțiunea de suprafață exterioară a porțiunii de tub.

8. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 3, în care ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere este cuplat cu suprafața exterioară a porțiunii de tub la intervale scurte independente reciproc de actuatore pentru realizarea momentului de încovoiere și elemente de pârghie corespondente.

9. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 3, în care:

- cel puțin o pereche de elemente de pârghie și actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere corespondent sunt situate pe un prim plan ce traversează o axă longitudinală a porțiunii de tub;

- cel puțin o altă pereche de elemente de pârghie și actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere corespondent sunt situate pe un al doilea plan ce traversează axa longitudinală a porțiunii de tub; și

- al doilea plan este diferit de primul plan.

10. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 9, în care:

- planele sunt perpendiculare unul pe celălalt; și
- acea cel puțin o pereche și acea cel puțin cealaltă pereche de elemente de pârghie împart o poziție axială de-a lungul porțiunii de tub pentru aplicarea simultană a momentelor de încovoiere perpendiculare independente reciproc pe un segment comun al porțiunii de tub atunci când actuatorile pentru realizarea momentului de încovoiere corespondente sunt energizate.

11. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 9, în care:

- planele sunt paralele unul cu celălalt; și
- acea cel puțin o pereche și acea cel puțin cealaltă pereche de elemente de pârghie împart o poziție axială de-a lungul porțiunii de tub pentru aplicarea simultană a momentelor de încovoiere cooperante, independente reciproc pe un segment comun al porțiunii de tub atunci când actuatorile pentru realizarea momentului de încovoiere corespondente sunt energizate.

12. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 10, în care:

- acea cel puțin o pereche de elemente de pârghie și actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere corespondent constituie o primă serie de elemente de pârghie și actuatorile pentru realizarea momentului de încovoiere corespondente;

- acea cel puțin cealaltă pereche de elemente de pârghie și actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere corespondent constituie o a doua serie de elemente de pârghie și actuatorile pentru realizarea momentului de încovoiere corespondente; și

- ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere se extinde continuu de-a lungul porțiunii de tub.

13. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 11, în care:

- cea cel puțin o pereche de elemente de pârghie și actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere corespondent constituie o primă serie de elemente de pârghie și actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere corespondente;

- cea cel puțin cealaltă pereche de elemente de pârghie și actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere corespondent constituie o a doua serie de elemente de pârghie și actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere corespondente; și

- ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere se extinde continuu de-a lungul porțiunii de tub.

14. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 3, cuprinzând:

- o multitudine de perechi de elemente de pârghie și actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere corespondente poziționate independente reciproc pe porțiunea de suprafață exterioară a porțiunii de tub într-un șir în spirală în jurul unei axe longitudinale a porțiunii de tub.

15. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 1, în care

- porțiunea de tub este fabricată dintr-un material având un domeniu elastic și eforturile generate în porțiunea de tub de momentul de încovoiere se situează în interiorul domeniului elastic al materialului.

16. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 9, în care:

- planele sunt paralele unul cu celălalt și cea cel puțin o pereche de elemente de pârghie este mai scurtă în lungime decât cea cel puțin cealaltă pereche de elemente de pârghie; și

- actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere ce se extinde între cea cel puțin cealaltă pereche de elemente de pârghie este distanțat radial suplimentar față de axa longitudinală a porțiunii de tub comparativ cu actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere ce se extinde între cea cel puțin o pereche de elemente de pârghie.

17. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 1, în care elementele de pârghie sunt fixate permanent la porțiunea de suprafață exterioară a porțiunii de tub.

18. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere pentru simularea geometriei găsite într-un tub de reactor nuclear, ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere cuprinzând:

- cel puțin o pereche de elemente de pârghie rigide pentru cuplarea cu cel puțin o porțiune a unui tub gol la interior, elementele de pârghie extinzându-se radial într-o gaură a porțiunii de tub și fiind distanțate axial și securizate pe o porțiune de suprafață interioară a porțiunii de tub în porțiuni radial exterioare ale elementelor de pârghie;

- un actuator corespunzător momentului de încovoiere ce se extinde între porțiunile radial interioare ale fiecărei perechi de elemente de pârghie pentru aplicarea forței între porțiunile radial interioare; în care,

- aplicarea forței între porțiunile radial interioare ale elementelor de pârghie deplasează porțiunile radial interioare unele în raport cu altele pentru aplicarea momentului de încovoiere pe porțiunea de tub ce se extinde între porțiunile radial exterioare pentru a curba corespunzător porțiunea de tub.

19. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 18, în care ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere este cuplat cu un ansamblu de simulare pentru simularea geometriei găsite într-un tub de reactor nuclear.

20. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 18, în care ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere include o multitudine de actuatore pentru realizarea momentului de încovoiere și perechi corespondente de elemente de pârghie.

21. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 20, în care unele dintre actuatorele pentru realizarea momentului de

încovoiere aplică forțe cu aceeași mărime și cu mărime diferită în raport cu forța aplicată de celelalte actuatore pentru realizarea momentului de încovoiere.

22. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 18, în care o axă longitudinală a actuatorului pentru realizarea momentului de încovoiere este paralelă cu o axă longitudinală a porțiunii de tub.

23. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 18, în care elementele de pârghie sunt fixate detașabil pe porțiunea de suprafață interioară a porțiunii de tub.

24. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 18, în care elementele de pârghie sunt selectate dintr-un grup constând din brațe de pârghie rigide și un colier inelar care înconjoară cel puțin parțial axa longitudinală a porțiunii de tub și este cuplat cu porțiunea de suprafață interioară a porțiunii de tub.

25. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 20, în care ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere este cuplat cu suprafața interioară a porțiunii de tub la intervale scurte independente reciproc de actuatore pentru realizarea momentului de încovoiere și elemente de pârghie corespondente.

26. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 20, în care:

- cel puțin o pereche de elemente de pârghie și actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere corespondent sunt situate pe un prim plan ce traversează o axă longitudinală a porțiunii de tub;

- cel puțin o altă pereche de elemente de pârghie și actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere corespondent sunt situate pe un al doilea plan ce traversează axa longitudinală a porțiunii de tub; și

- al doilea plan este diferit de primul plan.

27. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 26, în care:

- planele sunt perpendiculare unul pe celălalt; și
- cea cel puțin o pereche și cea cel puțin cealaltă pereche de elemente de pârghie împart o poziție axială de-a lungul porțiunii de tub pentru aplicarea simultană a momentelor de încovoiere perpendiculare independente reciproc pe un segment comun al porțiunii de tub atunci când actuatorile pentru realizarea momentului de încovoiere corespondente sunt energizate.

28. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 26, în care:

- planele sunt paralele unul cu celălalt; și
- cea cel puțin o pereche și cea cel puțin cealaltă pereche de elemente de pârghie împart o poziție axială de-a lungul porțiunii de tub pentru aplicarea simultană a momentelor de încovoiere cooperante, independente reciproc pe un segment comun al porțiunii de tub atunci când actuatorile pentru realizarea momentului de încovoiere corespondente sunt energizate.

29. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 27, în care:

- cea cel puțin o pereche de elemente de pârghie și actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere corespondent constituie o primă serie de elemente de pârghie și actuatorile pentru realizarea momentului de încovoiere corespondente;

- cea cel puțin cealaltă pereche de elemente de pârghie și actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere corespondent constituie o a doua serie de elemente de pârghie și actuatorile pentru realizarea momentului de încovoiere corespondente; și

- ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere se extinde continuu de-a lungul porțiunii de tub.

30. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 28, în care:

- cea cel puțin o pereche de elemente de pârghie și actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere corespondent constituie o primă serie de elemente de pârghie și actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere corespondente;

- cea cel puțin cealaltă pereche de elemente de pârghie și actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere corespondent constituie o a doua serie de elemente de pârghie și actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere corespondente; și

- ansamblul pentru determinarea momentului de încovoiere se extinde continuu de-a lungul porțiunii de tub.

31. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 20, cuprinzând:

- o multitudine de perechi de elemente de pârghie și actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere corespondente poziționate independente reciproc pe porțiunea de suprafață interioară a porțiunii de tub într-un șir în spirală în jurul unei axe longitudinale a porțiunii de tub.

32. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 18, în care

- porțiunea de tub este fabricată dintr-un material având un domeniu elastic și eforturile generate în porțiunea de tub de momentul de încovoiere se situează în interiorul domeniului elastic al materialului.

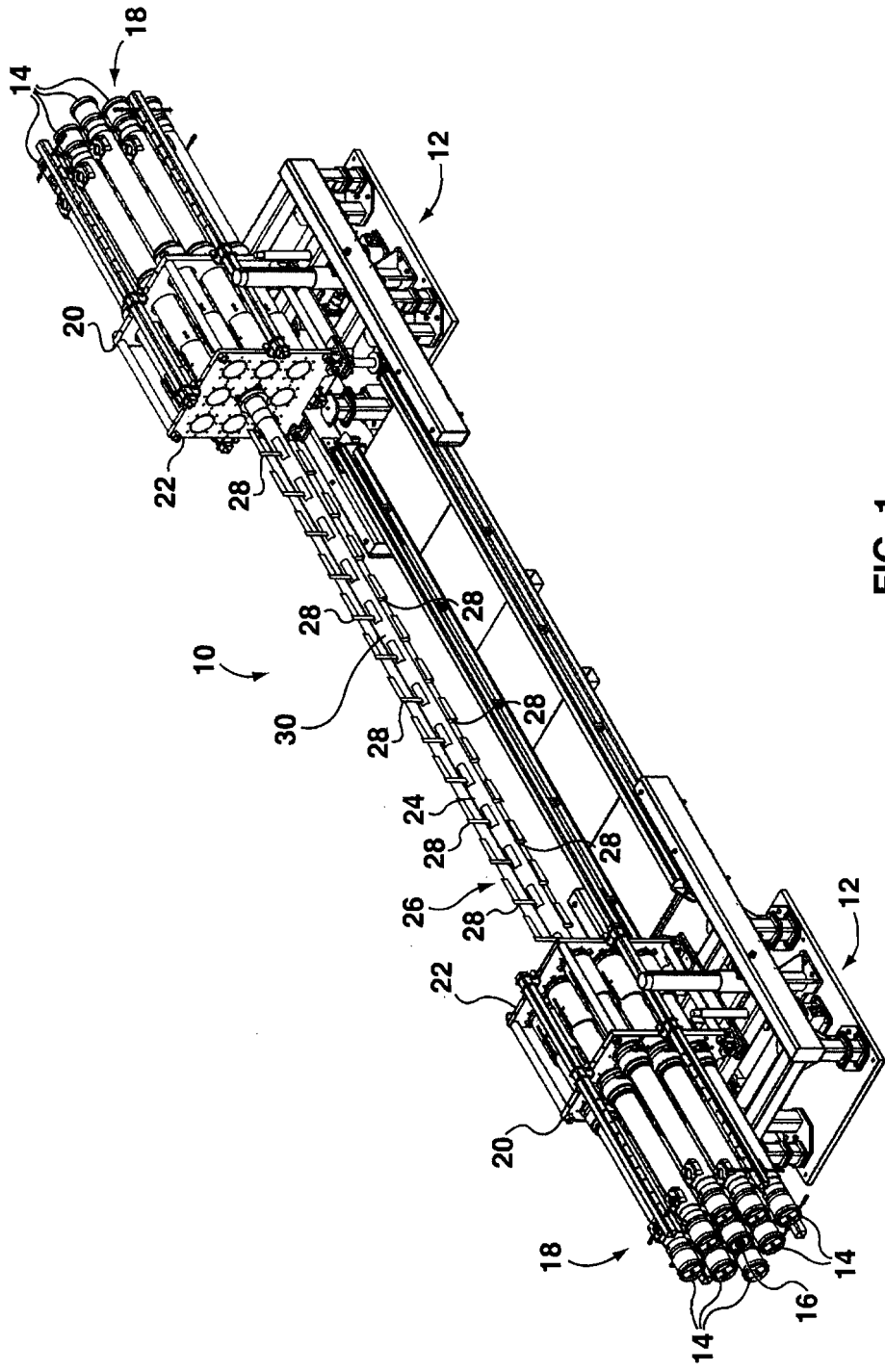
33. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 26, cuprinzând:

- planele sunt paralele unul cu celălalt și cea cel puțin o pereche de elemente de pârghie este mai scurtă în lungime decât cea cel puțin cealaltă pereche de elemente de pârghie; și

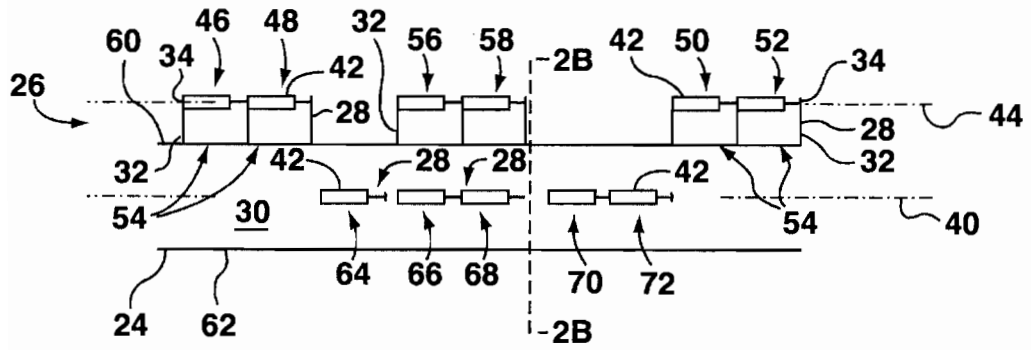
- actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere ce se extinde între cea cel puțin cealaltă pereche de elemente de pârghie adiacente este distanțat radial suplimentar față de axa longitudinală a porțiunii de tub comparativ cu actuatorul pentru realizarea momentului de încovoiere ce se extinde între cea cel puțin o pereche de elemente de pârghie.

34. Ansamblu pentru determinarea momentului de încovoiere conform revendicării 18, în care elementele de pârghie sunt fixate permanent la porțiunea de suprafață interioară a porțiunii de tub.

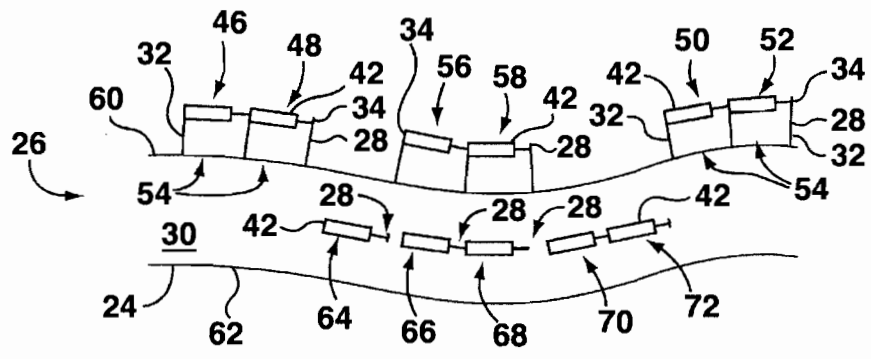




**FIG. 1**

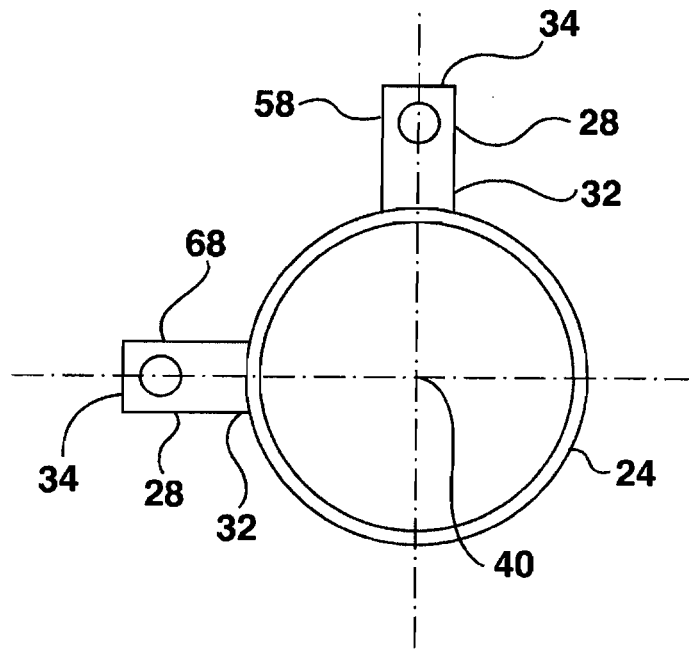


**FIG. 2A**

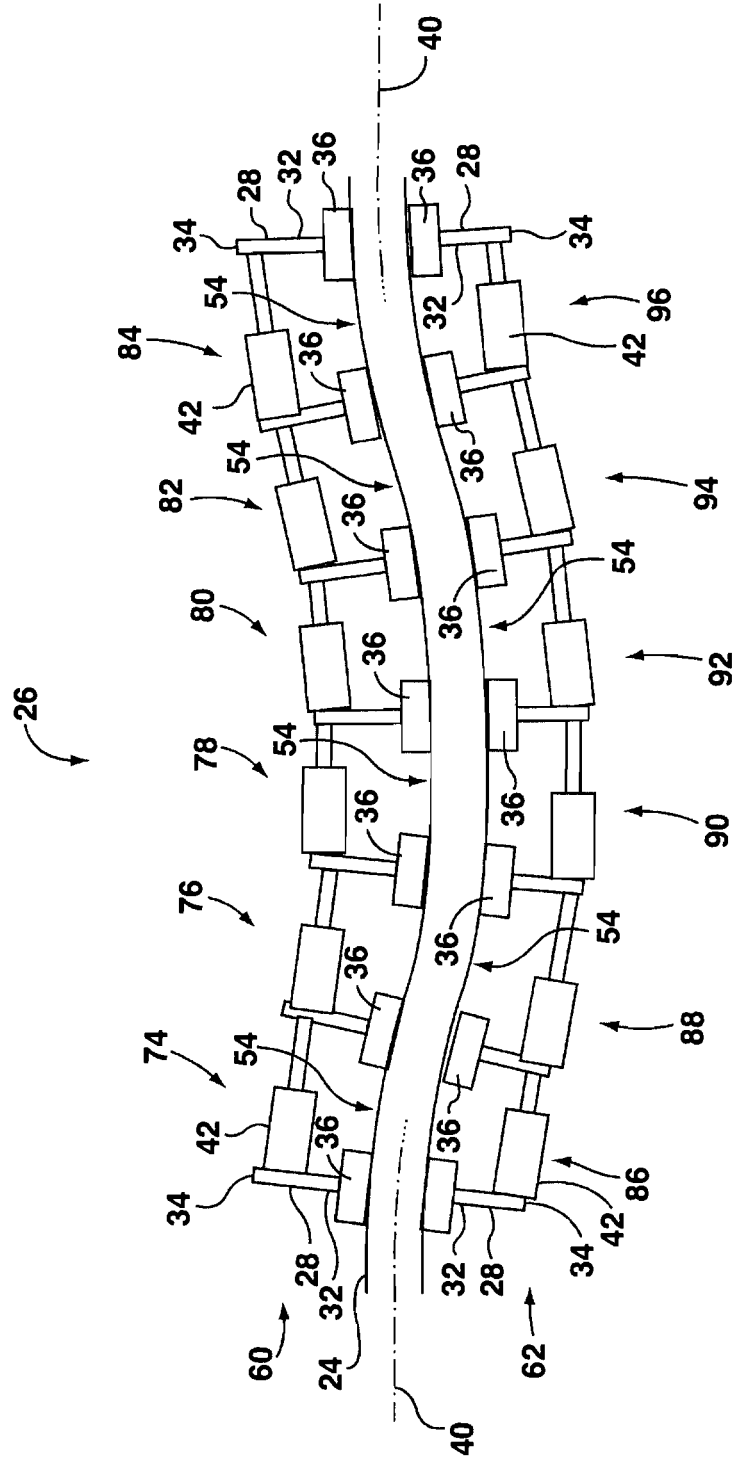


**FIG. 3**

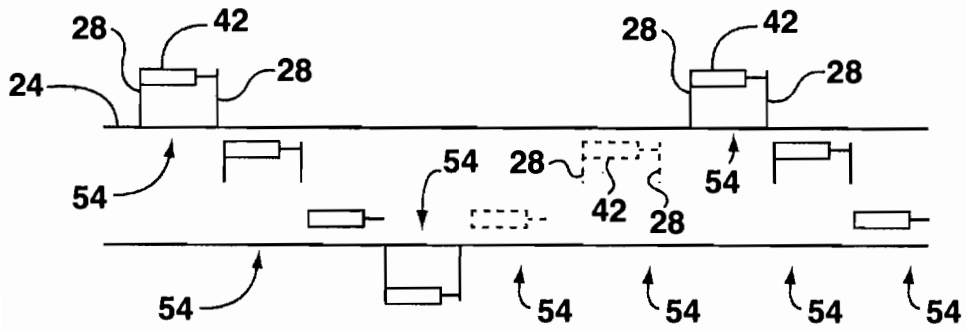
65



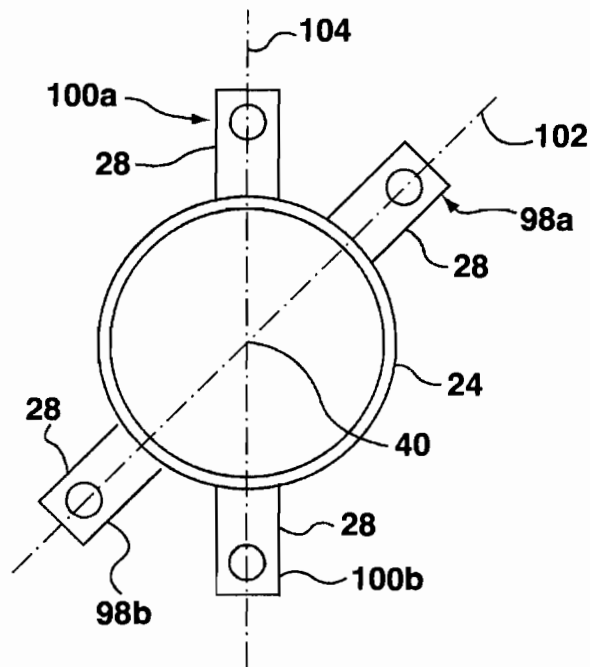
**FIG. 2B**



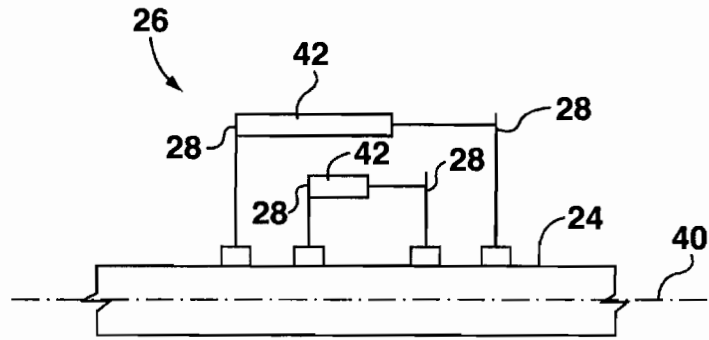
**FIG. 4**



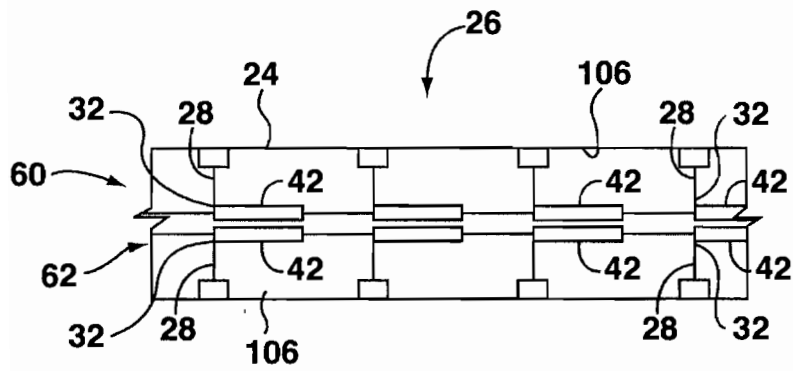
**FIG. 5**



**FIG. 6**



**FIG. 7**



**FIG. 8**