



(12) **CERERE DE BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2018 00140**

(22) Data de depozit: **28/02/2018**

(30) Prioritate:  
**23/06/2017 US 62/524098**

(41) Data publicării cererii:  
**30/08/2019** BOPI nr. **8/2019**

(71) Solicitant:  
• **CANDU ENERGY INC., 2251 SPEAKMAN  
DRIVE, MISSISSAUGA, L5K1B2, ONTARIO,  
CA**

(72) Inventatori:  
• **DEADMAN JASON, 4968 TRAFALGAR  
ROAD, L7G 4S4, GEORGETOWN,  
ONTARIO, CA**

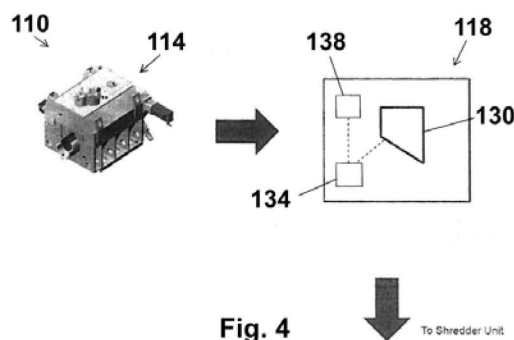
(74) Mandatar:  
**ROMINVENT S.A.,  
STR. ERMIL PANGRATTI NR.35,  
SECTOR 1, BUCUREȘTI**

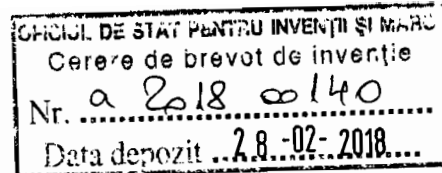
(54) **SISTEM ȘI METODA REDUCEREA VOLUMULUI  
COMPONENTELOR UNUI REACTOR NUCLEAR**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem și la o metodă pentru reducerea volumului componentelor unui reactor nuclear. Sistemul conform invenției cuprinde: o unitate (114) de alimentare pentru primirea unui tub radioactiv de la un reactor nuclear, o unitate (118) de segmentare pentru primirea tubului de la unitatea de alimentare, unitatea de segmentare incluzând un element de tăiere care segmentează tubul în bucăți, și o unitate (142) de mărunțire, pentru primirea bucăților segmentate și mărunțirea acestora. Metoda conform invenției cuprinde: scoaterea componentei din reactorul nuclear, deplasarea componentei, cu ajutorul unei unități de alimentare, la o unitate de segmentare, tăierea sau segmentarea componentei în bucăți, cu ajutorul unui element de tăiere, în unitatea de segmentare, și mărunțirea bucăților segmentate cu ajutorul unei unități de mărunțire.

Revendicări: 33  
Figuri: 14





112

## SISTEM ȘI METODĂ PENTRU REDUCEREA VOLUMULUI COMPONENTELOR DE REACTOR NUCLEAR

### DOMENIUL INVENȚIEI

**[001]** Variantele de realizare descrise aici se referă la sisteme de reducere a volumului pentru prelucrarea componentelor de reactor nuclear.

### STADIUL TEHNICII

**[002]** Un reactor nuclear are o durată limitată de funcționare. De exemplu, reactoarele de tip CANDU™ de a doua generație ("CANada Deuterium Uranium") sunt proiectate să funcționeze timp de aproximativ 25 până la 30 de ani. După acest timp, canalele de combustibil existente pot fi scoase și pot fi instalate noi canale de combustibil. Efectuarea acestui proces de "retubare" poate prelungi semnificativ durata de viață a unui reactor, ca alternativă la dezafectarea reactorului. Procesele de retubare a reactorului nuclear includ eliminarea unui număr mare de componente ale reactorului și includ diverse alte activități, cum ar fi oprirea reactorului, pregătirea bolții și instalarea de echipament de manipulare a materialelor și diverse platforme și suporturi de echipament. Procedul de scoatere poate include de asemenea îndepărtarea dopurilor de închidere și ansambluri hardware de poziționare, deconectarea ansamblurilor de alimentare, decuparea burdufului și îndepărtarea fittingurilor capăt.

**[003]** Procesul de îndepărtare poate include de asemenea îndepărtarea și eliminarea tuburilor de presiune foarte radioactive și a tuburilor calandria din miezul reactorului. Îndepărtarea și/sau eliminarea acestor tuburi, precum și a altor componente ale reactorului nuclear, pot necesita mult timp și efort.

**[004]** După terminarea procesului de îndepărtare, se efectuează în mod obișnuit un proces de inspecție și instalare. De exemplu, plăcile tubulare poziționate la fiecare capăt al reactorului pot include o multitudine de găuri. Fiecare din multitudinea de găuri suportă un ansamblu de canal de combustibil care se întinde între plăcile tubulare. Atunci când un ansamblu de canal de combustibil este îndepărtat, fiecare gaură din placa tubulară este inspectată pentru a se asigura că îndepărtarea ansamblului canalului de combustibil nu a deteriorat gaura plăcii tubulare și că gaura plăcii tubulare este pregătită pentru introducerea unui nou ansamblu de canal de combustibil.

**[005]** După ce s-a confirmat faptul că plăcile tubulare sunt într-o stare adecvată, tuburile calandria, tuburile de presiune, fittingurile de capăt și alte componente pot fi instalate înapoi în orificii. Pentru fiecare ansamblu de canal de combustibil, o parte din acest proces implică rostogolirea capătului tubului calandria pe placa tubulară a vasului calandria (de exemplu, folosind o inserție deformabilă de vas calandria), introducerea unui corp de fitting de capăt în gaură, rostogolirea capătului tubului de presiune în corpul fittingului de capăt și introducerea unei garnituri de fitting de capăt în fittingul de capăt.

### REZUMAT

**[006]** În unele variante de realizare, este prevăzut un sistem de reducere a volumului pentru componentele reactorului nuclear. Sistemul include o unitate de alimentare pentru primirea unui tub radioactiv de la un reactor nuclear și o unitate de segmentare pentru primirea tubului de la unitatea de alimentare. Unitatea de segmentare include un element de tăiere care segmentează tubul în bucăți segmentate. Sistemul include de asemenea o unitate de mărunțire pentru primirea de bucăți segmentate de tub și mărunțirea bucăților segmentate.

**[007]** Unele variante de realizare prevăd o metodă de reducere a volumului unei componente de reactor nuclear, incluzând îndepărtarea componentei din reactorul nuclear, deplasarea componentei cu o unitate de alimentare la o unitate de segmentare, tăierea și segmentarea componentei în bucăți segmentate cu un element de tăiere în unitatea de segmentare și mărunțirea bucăților segmentate cu o unitate de mărunțire.

**[008]** În unele variante de realizare, este prevăzută o metodă pentru reducerea volumului tuburilor de reactor nuclear și cuprinde îndepărtarea a două tuburi din reactorul nuclear, unde unul dintre tuburi este dispus în celălalt tub. Metoda cuprinde de asemenea deplasarea celor două tuburi cu o unitate de alimentare la o unitate de segmentare, tăierea și segmentarea simultană a celor două tuburi în bucăți segmentate cu un element de tăiere în unitatea de segmentare și mărunțirea bucăților segmentate cu o unitate de mărunțire.

**[009]** În unele variante de realizare, este prevăzut un sistem de reducere a volumului pentru un reactor nuclear. Sistemul include o unitate de alimentare pentru primirea unui tub radioactiv de la un reactor nuclear și o unitate de mărunțire pentru primirea tubului radioactiv de la unitatea de alimentare și mărunțirea tubului radioactiv.

**[0010]** În unele variante de realizare, este prevăzută o metodă pentru reducerea volumului unui tub de reactor nuclear și cuprinde îndepărtarea unui tub de reactor nuclear radioactiv dintr-un reactor nuclear și mărunțirea tubului de reactor nuclear cu o unitate de mărunțire.

**[0011]** Alte aspecte ale invenției vor deveni evidente prin luarea în considerare a descrierii detaliate și a desenelor însoțitoare.

#### SCURTĂ DESCRIERE A DESENELOR

**[0012]** FIG. 1 este o vedere în perspectivă a unui reactor de tip CANDU™.

**[0013]** FIG. 2 este o vedere în secțiune a unui ansamblu de canal de combustibil de reactor nuclear al reactorului din FIG. 1.

**[0014]** FIG. 3 este o vedere în perspectivă a unui distanțier inelar instalat între un tub de presiune și un tub calandria în ansamblul de canal de combustibil din FIG. 2.

**[0015]** FIG. 4 și 5 sunt vederi schematice ale unui sistem de reducere a volumului la fața locului, conform unei variante de realizare, pentru reducerea volumului tubului de presiune și/sau a tubului calandria din FIG. 3.

**[0016]** FIG. 6-8 sunt vederi schematiche ale unui sistem de reducere a volumului bolții în interiorul reactorului conform unei variante de realizare, pentru reducerea volumului tubului de presiune și/sau a tubului calandria din FIG. 3.

**[0017]** FIG. 9-14 sunt vederi schematiche ale unui sistem de reducere a volumului bolții în interiorul reactorului conform unei variante de realizare, pentru reducerea volumului tubului de presiune și/sau a tubului calandria din FIG. 3.

#### DESCRIERE DETALIATA

**[0018]** Înainte ca variantele de realizare a invenției să fie explicate în detaliu, trebuie să se înțeleagă că invenția nu este limitată în aplicarea sa la detaliile de construcție și dispunerea componentelor prezentate în descrierea care urmează sau ilustrate în desenele însoțitoare. Invenția este capabilă de alte variante de realizare și de a fi pusă în practică sau de a fi realizată în moduri diverse.

**[0019]** FIG. 1 este o perspectivă a unui miez de reactor a unui reactor de tip CANDU™ 6. Miezul reactorului este în mod obișnuit conținut într-o boltă care este etanșată cu o ecluză pneumatică pentru controlul radiației și ecranare. Deși aspecte ale invenției sunt descrise cu referire particulară la reactorul de tip CANDU™ 6 pentru ușurință, invenția nu este limitată la reactoare de tip CANDU™ și poate fi utilă de asemenea și în afara acestui domeniu particular. Revenind la FIG. 1, un vas în general cilindric, cunoscut ca și vas calandria 10 al reactorului de tip CANDU™ 6, conține un moderator cu apă grea. Vasul calandria 10 are o carcasă inelară 14 și o placă tubulară 18 la un prim capăt 22 și un al doilea capăt 24. Plăcile tubulare 18 includ o multitudine de deschideri (la care se face referire în continuare ca și "găuri") care acceptă fiecare un ansamblu de canal de combustibil 28. Așa cum este arătat în FIG. 1, un număr de ansambluri de canale de combustibil 28 trece prin plăcile tubulare 18 ale vasului calandria 10 de la primul capăt 22 la cel de-al doilea capăt 24.

**[0020]** Ca în varianta de realizare ilustrată, în unele variante de realizare, miezul reactorului este prevăzut cu doi pereți la fiecare capăt 22, 24 al miezului reactorului: un perete interior definit de placa tubulară 18 la fiecare capăt 22, 24 al miezului reactorului, și un perete exterior 64 (la care adesea se face referire ca și "ecran de capăt" și ilustrat în FIG. 2) situat la distanță în afara plăcii tubulare 18 la fiecare capăt 22, 24 al miezului reactorului. Un tub cu zăbrele 65 se întinde pe distanța dintre placa tubulară 18 și ecranul de capăt 64 la fiecare pereche de găuri (adică în placa tubulară 18 și, respectiv, ecranul de capăt 64).

**[0021]** FIG. 2 este o vedere în secțiune a unui ansamblu de canal de combustibil 28 al miezului reactorului ilustrat în FIG. 1. Așa cum este ilustrat în FIG. 2, fiecare ansamblu de canal de combustibil 28 include un tub calandria ("CT") 32 ce înconjoară alte componente ale ansamblului canalului de combustibil 28. Fiecare CT 32 se întinde pe distanța dintre plăcile tubulare 18. De asemenea, capetele opuse ale fiecărui CT 32 sunt primite în găurile respective din plăcile tubulare 18 și etanșate în acestea. În unele variante de realizare, se utilizează o inserție de îmbinare laminată CT 34 pentru fixarea CT 32 pe placa tubulară 18 în interiorul găurilor. Un tub de presiune ("PT") 36 formează un perete interior al ansamblului de canal de combustibil 28. PT 36 furnizează o conductă pentru fluidul de răcire al reactorului și niște fascicule sau ansambluri de combustibil 40.

De exemplu PT 36 deține în general două sau mai multe ansambluri de combustibil 40 și acționează ca o conductă pentru fluidul de răcire a reactorului care trece prin fiecare ansamblu de combustibil 40. Un spațiu inelar 44 este definit de un spațiu între fiecare PT 36 și CT 32 corespondent. Spațiul inelar 44 este umplut în mod normal cu un gaz circulant, ca dioxid de carbon uscat, heliu, azot, aer sau amestecuri ale acestora. Unul sau mai multe distanțiere inelare 48 sunt dispuse între CT 32 și PT 36. Distanțierile inelare 48 mențin spațiul dintre PT 36 și CT 32 corespondente, permițând în același timp trecerea gazului inelar prin și în jurul distanțierelor inelare 48.

**[0022]** FIG. 3 ilustrează o variantă de realizare a distanțierului inelar 48 instalat în interiorul spațiului inelar 44 între CT 32 și PT 36. Distanțierul inelar 48 include un arc manșetă 52 și un fir centură 56. Arcul manșetă tipic 52 este format dintr-o lungime de sârmă înfășurată 61. Două capete 74 și 78 ale sârmei înfășurate 61 sunt conectate astfel încât arcul manșetă 52 formează un toroid 72. Arcul manșetă 52 poate fi dimensionat pentru a se potrivi strâns în jurul PT 36 și pentru a fi atât elastic, astfel încât poate fi extins la o dimensiune mai mare decât un diametru exterior 76 al PT 36 în timpul instalării, dar să se monteze strâns și sigur după poziționare. În varianta de realizare ilustrată, arcul manșetă 52 este format dintr-un aliaj pe bază de nichel-crom, cum ar fi INCONEL X-750. În alte variante de realizare, arcul manșetă 52 poate fi format din alte aliaje, incluzând un aliaj pe bază de zirconiu cum ar fi ZIRCALOY sau un aliaj de zirconiu-niobiu-cupru. În alte variante de realizare, arcul manșetă 52 poate fi format dintr-un aliaj care include, dar nu se limitează la, o combinație de zirconiu, niobiu și cupru.

**[0023]** Cu referire din nou la FIG. 2, fiecare capăt al fiecărui ansamblu de canal de combustibil 28 este prevăzut cu un ansamblu de fitting de capăt 50 situat în afara plăcii tubulare corespondente 18. Fiecare ansamblu de fitting de capăt 50 include un corp de fitting de capăt 57 și o căptușeală de fitting de capăt 59. La capătul terminal al fiecărui ansamblu de fitting de capăt 50 este un dop de închidere 53. Fiecare ansamblu de fitting de capăt 50 include de asemenea un ansamblu de alimentare 54. Ansamblurile de alimentare 54 alimentează cu fluid de răcire a reactorului sau scot fluidul de răcire a reactorului din PT 36 prin intermediul tuburilor de alimentare 67 (FIG. 1). În particular, pentru un singur ansamblu de canal de combustibil 28, ansamblul de alimentare 54 de pe un capăt al ansamblului canalului de combustibil 28 acționează ca un alimentator de admisie, iar ansamblul de alimentare 54 de pe capătul opus al ansamblului de canal de combustibil 28 acționează ca un alimentator de evacuare. Așa cum este arătat în FIG. 2, ansamblurile de alimentare 54 pot fi atașate la ansamblurile de fitting de capăt 50 utilizând un ansamblu de cuplare 51 care include un număr de șuruburi, șaibe, etanșări și/sau alte tipuri de conectori. Tubul cu zăbrele 65 (descriș mai sus) închide legătura dintre ansamblul de fitting de capăt 50 și PT 36 care conține ansamblurile de combustibil 40. Rulmenții cu bile de ecranare 66 și apa de răcire înconjoară exteriorul tuburilor cu zăbrele 65, ceea ce asigură o ecranare suplimentară împotriva radiației.

**[0024]** Revenind la FIG. 2, un ansamblu hardware de poziționare 60 și burdufuri 62 sunt de asemenea cuplate la fiecare ansamblu de fitting de capăt 50. Burdufurile 62 permit ansamblurilor de canal de combustibil 28 să se deplaseze

axial - o capacitate care poate fi importantă acolo unde ansamblurile de canal de combustibil 28 prezintă modificări în lungime în timp, ceea ce este comun în multe reactoare. Ansamblurile hardware de poziționare 60 pot fi utilizate pentru a fixa un capăt al ansamblului de canal de combustibil 28 fie într-o configurație blocată care fixează poziția axială, fie într-o configurație deblocată. Ansamblurile hardware de poziționare 60 sunt de asemenea cuplate la ecranul de capăt 64. Ansamblurile hardware de poziționare 60 ilustrate includ fiecare o tijă având un capăt care este primit într-o gaură a respectivului ecran de capăt 64. În unele variante de realizare, capătul tijei și gaura din ecranul de capăt 64 sunt filetate. Din nou, trebuie să se înțeleagă că, deși în FIG. 1-2 este ilustrat un reactor de tip CANDU™, invenția se poate aplica de asemenea și altor tipuri de reactoare, inclusiv reactoare care au componente care sunt similare celor ilustrate în FIG. 1-2.

**[0025]** Așa cum s-a menționat mai sus, adesea este necesară o înlocuire pe scară largă a canalelor de combustibil pentru a prelungi durata de funcționare a reactorului nuclear. Astfel, unele sau toate ansamblurile de canal de combustibil 28 trebuie să fie îndepărtate și înlocuite. Unul dintre procesele cheie ale acestei înlocuiri este îndepărtarea și eliminarea specifică a CT 32 și/sau PT 36 din miezul reactorului. CT 32 și PT 36 sunt foarte radioactive. Procedurile de îndepărtare și eliminare necesită prin urmare măsuri de siguranță și măsuri de precauție (de exemplu, dictate adesea de reglementări) pentru a se asigura că CT 32 și PT 36 sunt eliminate în siguranță. În mod ideal, totuși, este benefic să se efectueze procesul de îndepărtare și eliminare cât mai repede și cât mai eficient posibil, cu respectarea tuturor reglementărilor de siguranță. Acest lucru se datorează costului ridicat implicat în oprirea unui reactor pentru a finaliza înlocuirea pe scară largă a canalelor de combustibil. De asemenea, costurile de depozitare a deșeurilor se bazează pe volumul deșeurilor depozitate. Astfel, minimizarea volumului stocat facilitează reducerea costurilor de stocare. Multe dintre aceleași considerații se aplică și în cazul dezafectării reactorului, la care prezenta invenție se aplică de asemenea.

**[0026]** O modalitate prin care să se mărească eficiența și sincronizarea înlocuirii ansamblului de canal de combustibil și să se reducă costurile de depozitare a deșeurilor este să se utilizeze un proces de reducere a volumului pentru a reduce în primul rând volumul CT 32 și/sau PT 36 înainte ca acestea să fie deplasate la un loc de depozitare. Mai jos este o descriere a trei sisteme și metode diferite de reducere a volumului.

#### REDUCEREA VOLUMULUI LA FAȚA LOCULUI

**[0027]** FIG. 4 și 5 ilustrează un sistem de reducere a volumului la fața locului 110. Sistemul de reducere a volumului 110 este localizat adiacent unei fețe a reactorului și este utilizat pentru reducerea volumului CT 32 și/sau PT 36 la fața locului la reactor.

**[0028]** Sistemul de reducere a volumului ilustrat 110 include o unitate de alimentare 114 (de exemplu, o unitate de alimentare deja existentă pe un reactor de tip CANDU™ sau o altă unitate de alimentare). În unele variante de realizare, unitatea de alimentare 114 este poziționată pe o platformă de lucru la fața

reactorului. În unele variante de realizare, unitatea de alimentare 114 extrage CT 32 și/sau PT 36 din miezul reactorului. Odată ce unitatea de alimentare 114 a primit CT și/sau PT 36, unitatea de alimentare 114 deplasează CT 32 și/sau PT 36 într-o unitate de segmentare 118. În unele variante de realizare, unitatea de segmentare 118 nu este prevăzută.

**[0029]** În unele variante de realizare, unitatea de alimentare 114 include un ansamblu de unitate de retragere și/sau un ansamblu de alimentare, similare ansamblului de unitate de retragere 100 și ansamblului de alimentare 300, descrise și ilustrate în brevetul US nr. 6.523.466, al cărui întreg conținut este incorporat aici prin referință. De exemplu, ansamblul de unitate de retragere poate include un dop de retragere, o magazie de lanț, un motor de antrenare și un tambur de furtun hidraulic. Magazia de lanț poate include un lanț care este alimentat în ambele direcții de motorul de antrenare. Lanțul poate fi un lanț de mașină care se poate flexa într-o singură direcție, permițându-i să fie folosit fie sub tensiune, fie sub comprimare. Lanțul poate fi utilizat pentru a împinge sau trage CT 32 și/sau PT 36. De exemplu, dopul de retragere poate fi montat la un capăt al lanțului, astfel încât atunci când lanțul este extins de către motorul de antrenare, dopul de retragere este avansat într-un capăt al unuia dintre CT 32 și/sau PT 36. Dopul de retragere poate include un nas dimensionat și profilat pentru a fi primit în interiorul capătului CT 32 și/sau PT 36. Dopul de retragere poate include un deget sau degete sau alte structuri care prind un perete sau pereți interiori ai CT 32 și/sau PT 36, pentru a facilita prin aceasta o mișcare de împingere/tragere a CT 32 și/sau PT 36.

**[0030]** Cu referire la FIG. 3, în unele variante de realizare, dopul de retragere este avansat în capătul unuia dintre PT 36. Degetele de pe dopul de retragere sunt extinse radial spre exterior pentru a presa și a prinde o suprafață interioară 122 a PT 36. Apoi este folosit lanțul pentru tragerea PT 36 afară din miezul reactorului (de exemplu, pentru a trage PT 36 longitudinal prin găurile din plăcile tubulare 18 și ecranele de capăt 64, astfel încât PT 36 este îndepărtat în întregime din miezul reactorului). În unele variante de realizare, numai PT 36 este tras, lăsând astfel în urmă CT 32 să fie tras separat în unitatea de segmentare 118.

**[0031]** După cum s-a menționat mai sus, unitatea de alimentare 114 mai poate include un ansamblu de alimentare (de exemplu, așa cum este dezvoltat în brevetul U.S. nr. 6,523,466). Ansamblul de alimentare poate include degete suplimentare sau alte structuri care prind o suprafață exterioară 126 (FIG. 3) a CT 32 și/sau o suprafață exterioară 127 a PT 36. Ansamblul de alimentare poate astfel să funcționeze împreună cu ansamblul de unitate de retragere pentru a deplasa și a introduce CT 32 și/sau PT 36 în unitatea de segmentare 118. În unele variante de realizare, unitatea de alimentare 114 deplasează CT 32 și PT 36 împreună simultan către unitatea de segmentare 118 (adică PT 36 este încă dispus în interiorul CT 32), astfel încât ambele tuburi pot fi segmentate simultan. În alte variante de realizare, unitatea de alimentare 114 deplasează CT 32 și PT 36 separat, astfel încât numai unul dintre tuburi este segmentat în orice moment.

**[0032]** Sistemul de reducere a volumului 110 poate include orice număr și tip de unități de alimentare pentru deplasarea CT 32 și/sau PT 36 la unitatea de segmentare 118. Astfel, deși mai sus sunt descrise unități de alimentare având dopuri de retragere, degete și lanțuri, alte variante de realizare includ unități de alimentare având structuri diferite, incluzând, dar fără a se limita la acestea, cleme, elemente de aspirație, transportoare, ghidaje etc. sau orice alte structuri care prind interiorul și/sau suprafețele exterioare ale CT 32 și/sau PT 36 și deplasează CT 32 și/sau PT 36 la unitatea de segmentare 118.

**[0033]** Cu referire la FIG. 4, unitatea de segmentare 118 taie și segmentează CT 32 și/sau PT 36. Unitatea de segmentare 118 poate fi localizată oriunde în imediata apropiere a unității de alimentare 114, astfel încât unitatea de alimentare 114 poate livra rapid CT 32 și/sau PT 36 la unitatea de segmentare 118 pentru tăiere. În unele variante de realizare, unitatea de segmentare 118 este dispusă într-o porțiune a unității de alimentare 114 însăși (de exemplu, între un ansamblu de unitate de retragere și un ansamblu de alimentare, ca cele descrise mai sus). Alte variante de realizare includ locații diferite pentru unitatea de segmentare 118.

**[0034]** În continuare cu referire la FIG. 4, unitatea de segmentare 118 include cel puțin un element de tăiere 130. Elementul de tăiere 130 poate fi orice element sau elemente profilate și dimensionate și realizate dintr-un material suficient de rezistent pentru a tăia și segmenta CT 32 și/sau PT 36 (de exemplu, pentru a tăia simultan atât CT 32 cât și PT 36, unul fiind poziționat în interiorul celuilalt). În unele variante de realizare, elementul de tăiere 130 este o lamă de metal ascuțită care se deplasează de-a lungul unei direcții transversale față de direcția longitudinală a CT 32 și PT 36, astfel încât să feliere radial CT și/sau PT 36. În alte variante de realizare, elementul de tăiere 130 poate felia CT 32 și/sau PT 36 la un unghi diferit (de exemplu, la 45 de grade, 60 de grade, etc.). În unele variante de realizare, elementul de tăiere 130 cuprinde mai multe lame care sunt deplasate în jos pentru a tăia și felia CT 32 și/sau PT 36. În alte variante de realizare, elementul de tăiere 130 include una sau mai multe lame circulare rotative, lame ferăstrău bandă (sau tip bandă), lame foarfece și altele asemenea. În unele variante de realizare, tăierea și felierea CT 32 și/sau PT 36 este efectuată suplimentar sau alternativ cu forfecare, perforare, etc.

**[0035]** În varianta de realizare ilustrată, elementul de tăiere 130 este acționat de un element de antrenare 134 (de exemplu, un motor), care este el însuși cuplat la un controler 138. Controlerul 138 controlează elementul de antrenare 134 astfel încât elementul de tăiere 130 taie CT 32 și/sau PT 36 în două, trei, patru, cinci, șase sau mai multe bucăți segmentate după cum se dorește. În unele variante de realizare, CT 32 și/sau PT 36 sunt deplasate longitudinal dedesubtul sau în alt mod peste elementul de tăiere 130 prin intermediul unității de alimentare 114 (sau prin intermediul altei structuri de transport) la viteze variabile (de exemplu prin intermediul comenzii de la controlerul 138 sau alt controler). De exemplu, CT 32 și/sau PT 36 pot fi decelerate înainte de activarea elementului de antrenare 34, astfel încât CT 32 și/sau PT 36 să fie ținute staționar atunci când elementul de tăiere 130 se deplasează și taie CT 32 și/sau PT 36, iar CT 32 și/sau PT 36 sunt apoi accelerate din nou. În unele variante de realizare, poate fi



101

utilizată o structură sau structuri de prindere (de exemplu, cleme, degete etc.) pentru a menține o porțiune sau porțiuni ale CT 32 și/sau PT 36 staționare în timpul fiecărei tăieri cu elementul de tăiere 130. În schimb, în alte variante de realizare, CT 32 și/sau PT 36 pot fi menținute staționar în timp ce elementul de tăiere 130 însuși este deplasat longitudinal de-a lungul CT 32 și/sau PT 36 între tăieturile succesive (de exemplu, prin deplasarea de-a lungul unei șine sau a altei structuri de ghidare pe unitatea de segmentare 118, înainte de activarea și de tăierea CT 32 și/sau PT 36).

**[0036]** Atunci când elementul de tăiere 130 taie un CT 32 și/sau PT 36, bucata segmentată rezultată cade într-o unitate de mărunțire 142 (de exemplu, prin gravitație și/sau prin intermediul unei suprafețe de ghidare sau suprafețe care ghidează CT 32 și/sau PT 36 în unitatea de mărunțire 142). FIG. 5 ilustrează atât o vedere în perspectivă, cât și o vedere în secțiune transversală a unității de mărunțire 142. Așa cum s-a menționat mai sus, în unele variante de realizare atât CT 32, cât și PT 36 sunt deplasate împreună în unitatea de segmentare 118 (adică PT 36 este încă dispus în interiorul CT 32). Astfel, atunci când elementul de tăiere 130 este activat, elementul de tăiere 130 taie atât CT 32, cât și PT 36, astfel încât bucăți segmentate ale ambelor tuburi cad în unitatea de mărunțire 142, în unele cazuri încă cu porțiunea segmentată a PT 36 în CT 32.

**[0037]** Bucățile segmentate pot avea orice lungime particulară. De exemplu, în unele variante de realizare, bucățile segmentate sunt mai mici de 2 metri, mai mici de 1 metru, mai mici de 0,5 metri sau mai mici de 0,25 metri în lungime. Alte variante de realizare includ valori și intervale diferite. În unele variante de realizare, controlerul 138 determină elementul de tăiere 130 să taie bucăți segmentate de lungimi diferite la momente diferite sau să taie mai repede sau mai lent, în funcție de faptul dacă CT 32 și/sau PT 36 intră în unitatea de segmentare 118, părăsesc unitatea de segmentare 118 sau sunt în diferite poziții care se deplasează prin unitatea de segmentare 118. În unele variante de realizare, controlerul 138 determină elementul de tăiere 130 să schimbe dimensiunea tăieturilor sau să încetinească sau să accelereze, depinzând de faptul că unitatea de mărunțire 142 are capacitate la un moment dat pentru bucăți segmentate suplimentare. De exemplu, unitatea de mărunțire 142 poate furniza un semnal controlerului 138 că unitatea de mărunțire 142 începe să se umple prea repede și este aproape de supraîncărcare sau de menținerea unui volum nedorit de material care este prelucrat (de exemplu, pe baza unuia sau mai multor senzori care monitorizează condițiile unității de mărunțire 142), determinând astfel controlerul 138 să trimită un semnal la elementul de tăiere 130 (și/sau unitatea de alimentare 114) pentru a încetini tăierea și/sau deplasarea CT 32 și/sau PT 36 prin unitatea de segmentare 118. În schimb, unitatea de mărunțire 142 poate furniza un semnal controlerului 138 că unitatea de mărunțire 142 are capacitate pentru mai multe bucăți segmentate (de exemplu, pe baza unuia sau mai multor senzori care monitorizează condițiile unității de mărunțire 142), determinând astfel controlerul 138 să trimită un semnal elementului de tăiere 130 (și/sau unității de alimentare 114) pentru a accelera tăierea și/sau deplasarea CT 32 și/sau PT 36 prin unitatea de segmentare 118.

**[0038]** Cu referire la FIG. 5, unitatea de mărunțire 142 include elemente de mărunțire 146. Elementele de mărunțire 146 pot fi orice elemente profilate și dimensionate și realizate dintr-un material suficient de rezistent pentru a prinde, trage și mărunți bucățile segmentate ale CT 32 și PT 36. În varianta de realizare ilustrată, elementele de mărunțire 146 sunt elemente rotative fixate de sau dintr-o bucată cu axe care definesc axele de rotație 154 în jurul cărora se rotesc elementele de mărunțire 146, așa cum este descris mai detaliat mai jos. Cel puțin unele dintre elementele de mărunțire 146 includ o proeminență sau proeminențe 150 dimensionate și profilate pentru a prinde piesele segmentate ale CT 32 și PT 36. Proeminențele 150 pot avea orice formă, incluzând triunghiulară, pătrată, trapezoidală etc. În varianta de realizare ilustrată, unele dintre proeminențele 150 sunt formate din două jumătăți de cercuri care sunt decalate radial una de cealaltă, formând prin aceasta două proeminențe 150 care sunt distanțate la 180 de grade și fiecare are în general o formă de aripioară. Unele dintre elementele de mărunțire 146 includ proeminențe de o primă formă, în timp ce alte elemente de mărunțire 146 includ proeminențe 150 de formă diferită. Alte variante de realizare includ diverse alte tipuri, numere și dispuneri ale proeminențelor 150.

**[0039]** Cu referire în continuare la FIG. 5, în varianta de realizare ilustrată, elementele de mărunțire 146 sunt dispuse în patru rânduri separate, fiecare rând având propria lui axă de rotație separată 154 în jurul căreia care se rotesc o multitudine de elemente de mărunțire 146. Fiecare dintre cele patru axe 154 sunt paralele una cu cealaltă, dar în varianta de realizare ilustrată, două dintre cele patru axe 154 sunt decalate lateral față de celelalte două axe 154, astfel încât axele 154 formează patru colțuri ale unui trapez, ca exemplu. Această dispunere creează o zonă de primire 158 în interiorul căreia bucățile segmentate pot cădea inițial și pot intra înainte de a fi prinse de una sau mai multe dintre proeminențele 150. Cu referire în continuare la FIG. 5, în unele variante de realizare, elementele de mărunțire 146 sunt de asemenea, în zigzag unul față de celălalt în lungul rândurilor, astfel încât rândurile elementelor de mărunțire 146 se angrenează unul cu celălalt. În unele variante de realizare, unul sau mai multe rânduri de elemente de mărunțire 146 se rotesc într-o primă direcție (de exemplu, sensul acelor de ceasornic), în timp ce unul sau mai multe alte rânduri de elemente de mărunțire 146 se rotesc într-o direcție opusă (de exemplu, în sens contrar acelor de ceasornic). Alte unități de mărunțire 142 includ numere și dispuneri diferite ale elementelor de mărunțire 146 și rânduri de elemente de mărunțire 146 decât cele ilustrate. De exemplu, în unele variante de realizare sunt prevăzute mai mult sau mai puțin de patru rânduri de elemente de mărunțire 146.

**[0040]** Cu referire în continuare la FIG. 5, materialul mărunțit din unitatea de mărunțire 142 cade într-un container de deșeuri 162 (de exemplu, un container de deșeuri existent utilizat în mod obișnuit cu un reactor tip CANDU™ sau alt container de deșeuri). În unele variante de realizare, materialul (deșeurile) mărunțit cade printr-un jgheab de interfață sau altă deschidere la partea inferioară a unității de mărunțire 142. De asemenea, în unele variante de realizare, containerul de deșeuri 162 este asamblat prin buloane de podea sau altă structură din interiorul bolții reactorului în timpul colectării materialului

mărunțit. Atunci când containerul de deșeuri 162 este plin, containerul de deșeuri 162 poate fi desfăcut din buloane, deplasat (de exemplu, cu un mecanism de antrenare) și apoi stocat într-o locație ecranată, din cauza naturii radioactive a CT 32 și/sau PT 36 din acesta. În unele variante de realizare, materialul rezidual din containerul de deșeuri 162 poate fi transferat într-un vas mai mare și/sau prelucrat în continuare înainte de eliminare. Odată ce deșeurile sunt îndepărtate, un nou container de deșeuri 162 poate fi apoi introdus sub unitatea de mărunțire 142.

**[0041]** În unele variante de realizare, sistemul de reducere a volumului 110 nu include o unitate de segmentare 118. Mai degrabă, întregul CT 32 și/sau PT 36 este tras din miezul reactorului și apoi este imediat aruncat în unitatea de mărunțire 142 (de exemplu, prin intermediul unității de alimentare 114). În altă variantă de realizare, întregul CT 32 și/sau PT 36 poate fi introdus în unitatea de mărunțire 142 (de exemplu, prin intermediul unității de alimentare 114). Unitatea de mărunțire 142 mărunțește întregul CT 32 și/sau PT 36, iar materialul mărunțit cade în containerul de deșeuri 162.

**[0042]** În unele variante de realizare, CT 32 și/sau PT 36 sunt livrate vertical pe lungimile lor longitudinale, mai degrabă decât orizontal, în unitatea de segmentare 118 pentru segmentare și mărunțire. De exemplu, odată ce CT 32 și/sau PT 36 au fost extrase din miezul reactorului, CT 32 și/sau PT 36 pot fi reorientate la o poziție verticală (de exemplu, rotite la 90 de grade). CT 32 și/sau PT 36 pot fi apoi coborâte în jos (sau ridicate, în funcție de orientarea și poziționarea CT 32 și/sau PT 36 și a unității de segmentare 118) în unitatea de segmentare 118. Reorientarea și coborârea pot fi realizate prin intermediul macaralelor sau a altor echipamente adecvate de manipulare a materialelor. În asemenea variante de realizare, elementul de tăiere 130 poate fi operat pentru a se extinde orizontal (spre deosebire de verticală așa cum este descris mai sus) pentru a tăia CT 32 și/sau PT 36. Bucățile segmentate pot apoi să cadă în aceeași unitate de mărunțire 142, și după aceea în containerul de deșeuri 162. În încă alte variante de realizare, CT 32 și/sau PT 36, precum și elementul de tăiere 130, pot fi orientate la diverse alte unghiuri pentru a facilita introducerea și tăierea CT 32 și/sau PT 36.

### REDUCEREA VOLUMULUI BOLȚII ÎN REACTOR

**[0043]** FIG. 6-8 ilustrează un sistem și o metodă de reducere a volumului în interiorul reactorului 210 în care cel puțin o porțiune a sistemului de reducere a volumului 210 este localizată pe o platformă de lucru sau altă structură într-o boltă de reactor care găzduiește fața reactorului, dar este distanțată de fața reactorului (de exemplu, cu 10 metri, 20 de metri, 50 de metri, 100 de metri sau cu orice altă distanță).

**[0044]** Așa cum este ilustrat în FIG. 6-8, sistemul de reducere a volumului 210 include cutii de transfer 212 (de exemplu, cutii de transfer existente sau alte cutii de transfer). Cutiile de transfer 212 sunt utilizate pentru deplasarea CT 32 și/sau PT 36 radioactive prin bolta reactorului la o unitate de alimentare 214 (care poate fi în unele variante de realizare identică cu unitatea de alimentare 114 descrisă mai sus sau poate fi o altă unitate de alimentare). Cutiile de transfer 212 pot fi

structuri grele din oțel sau alte structuri care sunt transportate de echipamente de manipulare a materialelor (de exemplu, cărucioare, șine, echipamente de comutare a șinelor, cuiburi și macarale etc.) în interiorul bolții reactorului. În unele exemple de realizare, este utilizat echipament suplimentar de manipulare a materialelor (de exemplu, o macara etc.) pentru deplasarea CT 32 și/sau PT 36 din cutiile de transfer 212 și în unitatea de alimentare 214.

**[0045]** CT 32 și/sau PT 36 sunt deplasate prin intermediul unității de alimentare 214 la o unitate de segmentare 218 (de exemplu, identică cu unitatea de segmentare 118 descrisă mai sus, sau o altă unitate de segmentare). Bucățile segmentate ale CT 32 și/sau PT 36 sunt apoi deplasate printr-o unitate de mărunțire 242 (de exemplu, identică cu unitatea de mărunțire 142 descrisă mai sus, sau o altă unitate de mărunțire). Materialul mărunțit poate apoi să cadă într-un container de deșeurii 262 (de exemplu, identic cu containerul de deșeurii 162 descris mai sus, sau alt container de deșeurii) printr-un jgheab de interfață sau altă deschidere. În unele variante de realizare, unitatea de alimentare 214 poate îndeplini funcția de reorientare a CT 32 și/sau PT 36 pentru a alimenta (de exemplu, prin gravitație) unitatea de mărunțire 242 (de exemplu vertical, etc.) și a controla deplasarea tuburilor în unitatea de mărunțire 242. Această metodă poate fi utilizată, de exemplu, într-o variantă de realizare în care unitatea de segmentare 218 nu este utilizată. În unele variante de realizare, CT 32 și/sau PT 36 sunt alimentate prin gravitație sau introduse în alt mod în unitatea de mărunțire 242 fără utilizarea unității de alimentare 214 (de exemplu, cu alt echipament de manipulare a materialelor).

**[0046]** În alte variante de realizare similare celor arătate în FIG. 6-8, unitatea de segmentare 218 este prevăzută ca parte a unității de alimentare 214, astfel încât bucățile segmentate ale CT 32 și/sau PT 36 sunt transportate așa cum s-a descris mai sus de la fața adiacentă a reactorului la unitatea de mărunțire 242 situată departe de fața reactorului.

### REDUCEREA VOLUMULUI LA DISTANȚĂ

**[0047]** FIG. 9-14 ilustrează un sistem și o metodă de reducere a volumului la distanță 310, în care cel puțin o parte a sistemului de reducere a volumului 310 este localizată într-o instalație complet separată de bolta reactorului.

**[0048]** Așa cum este ilustrat în FIG. 9-14, sistemul de reducere a volumului 310 include containere de transfer 312 (de exemplu, containere de transfer existente sau alte structuri de container de transfer) și un vehicul de livrare 316 (de exemplu, camion cu remorcă cu platformă sau alt vehicul) pentru a deplasa containerele de transfer 312.

**[0049]** Un exemplu de container de transfer 312 este arătat în Figura 13. În varianta de realizare ilustrată, containerul 312 este dimensionat pentru a găzdui, de exemplu, un singur CT 32, o lungime parțială de PT 36 și patru arcuri manșetă 48. Capetele containerului 312 pot fi deschise pentru a permite operațiunile de încărcare și descărcare. Poate fi prevăzut un suport pentru cuplarea/susținerea vehiculului de livrare 316. Ecranul permite ridicarea manuală (de exemplu, cu un

inel de ridicare) și operațiunile de transport atunci când capetele sunt închise. Suprafețele interioare permit curățarea ușoară, iar suprafețele exterioare se decontaminează cu ușurință pentru a permite transportul. Pe cât posibil, modelul nu permite radionuclizilor să cadă în mediul înconjurător sau să contamineze exteriorul containerului de transfer 312 atunci când capetele sunt deschise în timpul operațiunilor de încărcare și descărcare. Controlul contaminării împiedică scăparea radionuclizilor din interior în mediul înconjurător atunci când capetele au fost închise, în particular în timpul operațiunilor de ridicare și transport.

**[0050]** Cu referire la FIG. 9 și 10, containerele de transfer 312 care conțin CT 32 și/sau PT 36 radioactive sunt încărcate pe vehiculul de livrare 316. Vehiculul de livrare 316 deplasează apoi containerele de transfer 312 la unitatea separată și la o unitate de alimentare 314 (de exemplu, identică cu unitatea de alimentare 114 descrisă mai sus, sau altă unitate de alimentare) situată în unitatea separată. Containerul de transfer 312 poate fi o structură grea din oțel sau o altă structură care este transportată de vehiculul de livrare 316. În unele variante de realizare sunt utilizate echipamente suplimentare de manipulare a materialelor (de exemplu, cărucioare, șine, echipamente de comutare a șinelor, cuiburi și macarale etc.) în instalația separată pentru a deplasa CT 32 și/sau PT 36 din containerele de transfer 312 și în unitatea de alimentare 314.

**[0051]** Cu referire la FIG. 14, în unele variante de realizare, în timpul transportului la instalația separată apar următoarele etape: (1) Vehiculul de livrare 316 (de exemplu, camionul cu platformă) de la unitatea de prelucrare care conține containere de transfer goale 312 va intra într-o zonă de încărcare a camionului în reactor și va parca. (2) Ușile unei incinte meteorologice vor fi închise astfel încât întregul camion să fie protejat de elemente. Acoperișul platformei va fi rulat înapoi, și containerele de transfer goale 312 pe cuiburile de pe platformă vor fi desfăcute pentru ridicare. (3) Utilizând portalul camionului, un container de transfer gol 312 va fi ridicat și mutat de pe cuibul de pe platformă la un prim cuib tampon. (4) În zona de încărcare a camionului va ajunge un cărucior cu container de transfer complet 312 din reactor.

**[0052]** Containerul de transfer complet 312 de pe cărucior va fi apoi încărcat pe un al doilea cuib tampon. Containerul de transfer gol 312 va fi încărcat din primul cuib tampon pe cărucior și trimis înapoi în reactor. Containerul de transfer complet 312 de pe cel de-al doilea cuib tampon va fi încărcat și fixat pe cuibul de pe platformă. Atunci când cuibul de pe platformă este plin cu containere de transfer complete 312, acoperișul platformei va fi închis și camionul va ieși spre instalația separată. Camionul va ajunge la instalația separată, și containerele de transfer complete 312 vor fi îndepărtate și vor fi încărcate containere de transfer goale 312.

**[0053]** Cu referire la FIG. 10, 11 și 12, în interiorul unității separate, CT 32 și/sau PT 36 sunt îndepărtate din containerele de transfer 312 și deplasate prin intermediul unității de alimentare 314 la o unitate de segmentare 318 (de exemplu, identică cu unitatea de segmentare 118 descrisă mai sus, sau o altă unitate de segmentare). Bucățile segmentate ale CT 32 și/sau PT 36 sunt apoi deplasate printr-o unitate de mărunțire 342 (de exemplu, identică cu unitatea de

mărunțire 142 descrisă mai sus sau o altă unitate de mărunțire). Materialul mărunțit cade apoi într-un container de deșeuri 362 (de exemplu, identic cu containerul de deșeuri 162 descris mai sus sau alt container de deșeuri). În unele variante de realizare, unitatea de alimentare 314 poate îndeplini funcția de reorientare a CT 32 și/sau PT 36 pentru alimentarea (de exemplu prin gravitație) a unității de mărunțire 342 (de exemplu, vertical, etc.) și de a controla deplasarea tuburilor în unitatea de mărunțire 342. Această metodă poate fi utilizată într-o variantă de realizare în care unitatea de segmentare 318 nu este utilizată. În unele variante de realizare, CT 32 și/sau PT 36 sunt alimentate prin gravitație sau introduse în alt mod în unitatea de mărunțire 342 fără utilizarea unității de alimentare 314 (de exemplu, cu alt echipament de manipulare a materialelor).

### STINGEREA FOCULUI

**[0054]** Cu referire la FIG. 5, 7 și 11, în unele variante de realizare, sistemele de reducere a volumului 110, 210 și 310 mai includ un sistem de stingere a focului 400 (ilustrat schematic). Sistemul de stingere a focului 400 poate fi utilizat pentru a stinge sau a ajuta la stingerea unui foc care rezultă în timpul utilizării sistemelor de reducere a volumului 110, 210 și 310. În acestea și alte variante de realizare, sistemul de stingere a focului 400 poate fi utilizat pentru a crea un mediu inert pentru prevenirea aprinderii materialului în sistemul de reducere a volumului 110, 210, 310. Sistemul de stingere a focului 400 poate include, de exemplu, o duză sau duze care emit gaz, lichid (de exemplu, apă), pulbere sau alte materiale ignifuge. Deși sunt descrise duze, unele variante de realizare includ alte structuri care emit materiale. Duzele pot fi amplasate peste tot în sistemele de reducere a volumului 110, 210 și 310. De exemplu, în unele variante de realizare, sistemele de stingere a focului 400 pot include duze direct adiacente elementelor de mărunțire 146, 246, 346, în cazul în care mărunțirea CT 32 și/sau PT 36 are ca rezultat o scânteie sau aprinderea. Duzele pot pulveriza materialul ignifug pe elementele de mărunțire 146, 246, 346 sau pe bucățile segmentate ale CT 32 și/sau PT 36. În unele variante de realizare, una sau mai multe duze pot fi localizate în interiorul sau adiacent containerelor de deșeuri 162, 262, 362. Alte variante de realizare pot include locații diferite pentru duze. În unele variante de realizare, sistemul de stingere a focului 400 poate include un semnal de avertizare (de exemplu, sonor și/sau vizual) atunci când este detectată o scânteie sau un incendiu. În unele variante de realizare, sistemul de stingere a focului 400 poate include una sau mai multe camere sau senzori (de exemplu, senzori de detectare a fumului sau senzori de detectare a căldurii), pentru detectarea unei scântei sau a unui incendiu și un controler (de exemplu, controllerul 138 sau alt controler) care este în comunicație cu camerele sau senzorii, precum și cu duzele sau alte structuri emițătoare de materiale, pentru a controla funcționarea structurilor emițătoare de materiale.

**[0055]** Deși sistemele de reducere a volumului 110, 210, 310 și sistemele de stingere a focului 400 sunt descrise mai sus în contextul unei reduceri de volum pentru CT 32 și PT 36, în încă alte variante de realizare, sistemele de reducere a volumului 110, 210, 310 și/sau sistemele de stingere a focului 400 pot fi utilizate împreună cu alte componente ale reactorului. De exemplu, în unele variante de realizare, alte porțiuni ale ansamblului de canal de combustibil 28 pot fi livrate

suplimentar sau alternativ prin intermediul unității de alimentare 114, 214, 314 unității de segmentare 118, 218, 218, unde componentele sunt segmentate și livrate unității de mărunțire 142, 242, 342 pentru mărunțire. Astfel, sistemele descrise mai sus nu sunt limitate numai la CT 32 și PT 36.

**[0056]** Trebuie de asemenea remarcat faptul că variantele de realizare descrise mai sus și ilustrate în figurile însoțitoare sunt prezentate numai cu titlu de exemplu și nu se intenționează să fie o limitare a conceptelor și principiilor prezentei invenții. Ca atare, o persoană de specialitate din domeniu va aprecia că sunt posibile diferite modificări ale elementelor și configurația și dispunerea lor fără îndepărtarea de la spiritul și întinderea prezentei invenții așa cum este prezentat în revendicările anexate.

## REVENDICĂRI

1. Sistem de reducere a volumului pentru componente de reactor nuclear care cuprinde:

o unitate de alimentare pentru primirea unui tub radioactiv de la un reactor nuclear;

o unitate de segmentare pentru primirea tubului de la unitatea de alimentare, unitatea de segmentare incluzând un element de tăiere care segmentează tubul în bucăți segmentate; și

o unitate de mărunțire pentru primirea bucăților segmentate și mărunțirea bucăților segmentate.

2. Sistemul de reducere a volumului din revendicarea 1, în care unitatea de alimentare include o structură de prindere pentru prinderea unei suprafețe a tubului.

3. Sistemul de reducere a volumului din revendicarea 2, în care structura de prindere include cel puțin un deget care se extinde radial și presează suprafața interioară a tubului.

4. Sistemul de reducere a volumului din revendicarea 3, în care unitatea de alimentare include o unitate de retragere având un dop de retragere, în care dopul de retragere include acel cel puțin un deget și în care unitatea de alimentare mai include un ansamblu de alimentare având cel puțin un deget suplimentar care prinde o suprafață exterioară a tubului.

5. Sistemul de reducere a volumului din revendicarea 1, în care tubul este un prim tub, în care elementul de tăiere este profilat și dimensionat și realizat dintr-un material suficient de rezistent pentru a tăia și segmenta simultan atât primul tub cât și un al doilea tub dispus în primul tub.

6. Sistemul de reducere a volumului din revendicarea 1, în care elementul de tăiere este o lamă de metal.

7. Sistemul de reducere a volumului din revendicarea 1, în care elementul de tăiere este configurat să se deplaseze de-a lungul unei direcții care este transversală față de o direcție longitudinală a tubului, astfel încât să taie radial și să segmenteze tubul.

8. Sistemul de reducere a volumului din revendicarea 1, în care unitatea de segmentare include un element de antrenare cuplat la elementul de tăiere și un controler cuplat la elementul de antrenare, în care controlerul este configurat să controleze elementul de antrenare astfel încât elementul de tăiere să taie și să segmenteze tubul în cel puțin două bucăți.

9. Sistemul de reducere a volumului din revendicarea 1, în care unitatea de alimentare este configurată pentru deplasarea lentă a tubului înainte ca tubul să fie segmentat de unitatea de segmentare.



10. Sistemul de reducere a volumului din revendicarea 1, în care unitatea de mărunțire include o multitudine de elemente de mărunțire, în care elementele de mărunțire sunt profilate și dimensionate și realizate din material suficient de rezistent pentru a apuca, trage și mărunți bucățile segmentate ale tubului.

11. Sistemul de reducere a volumului din revendicarea 10, în care fiecare dintre elementele de mărunțire include o proeminență.

12. Sistemul de reducere a volumului din revendicarea 11, în care un prim element dintre elementele de mărunțire include o primă proeminență având o primă formă și în care un al doilea element de mărunțire dintre elementele de mărunțire include o a doua proeminență având o a doua formă, în care prima formă este diferită de a doua formă.

13. Sistemul de reducere a volumului din revendicarea 10, în care un prim element de mărunțire dintre elementele de mărunțire se rotește în jurul unei prime axe, iar un al doilea element de mărunțire dintre elementele de mărunțire se rotește în jurul unei a doua axe, în care prima axă este decalată în raport cu a doua axă.

14. Sistemul de reducere a volumului din revendicarea 10, în care elementele de mărunțire sunt poziționate pe patru axe separate, în care cele două dintre cele patru axe sunt decalate lateral față de celelalte două axe, astfel încât cele patru axe formează patru colțuri ale unui trapez.

15. Sistemul de reducere a volumului din revendicarea 10, în care un prim element de mărunțire dintre elementele de mărunțire se rotește într-o primă direcție și un al doilea element de mărunțire dintre elementele de mărunțire se rotește într-o a doua direcție, în care prima direcție este diferită de a doua direcție.

16. Sistemul de reducere a volumului din revendicarea 1, care mai cuprinde tubul, în care tubul este un tub de presiune.

17. Sistemul de reducere a volumului din revendicarea 1, care mai cuprinde un sistem de stingere a focului, în care sistemul de stingere a focului include o duză dispusă adiacent unității de mărunțire pentru a emite un material ignifug.

18. Metodă pentru reducerea volumului unei componente de reactor nuclear, metoda cuprinzând:

scoaterea componentei din reactorul nuclear;

deplasarea componentei cu o unitate de alimentare la o unitate de segmentare;

tăierea și segmentarea componentei în bucăți segmentate cu un element de tăiere în unitatea de segmentare; și

mărunțirea bucăților segmentate cu o unitate de mărunțire.

19. Metoda din revendicarea 18, în care componenta include un tub de presiune radioactiv.

20. Metoda din revendicarea 18, în care etapa de tăiere și de segmentare include deplasarea unei lame metalice pentru tăierea componentei.

21. Metoda din revendicarea 19, în care etapa de tăiere și de segmentare include decelerarea componentei înainte de tăierea componentei cu lama metalică.

22. Metoda din revendicarea 18, în care etapa de mărunțire a bucăților segmentate include rotirea unei multitudini de elemente de mărunțire în jurul unei multitudini de axe decalate pentru prinderea și tragerea și mărunțirea pieselor segmentate.

23. Metoda din revendicarea 18, în care etapele de tăiere și segmentare și mărunțire au loc la distanță într-o instalație separată de cea a reactorului nuclear.

24. Metoda din revendicarea 23, care mai cuprinde etapa de transport a componentei de la reactorul nuclear la instalația separată cu un container de transfer, înainte de tăierea și segmentarea componentei.

25. Metodă pentru reducerea volumului tuburilor de reactor nuclear, metoda cuprinzând:

scoaterea a două tuburi din reactorul nuclear, în care unul dintre tuburi este dispus în celălalt tub;

deplasarea celor două tuburi cu o unitate de alimentare la o unitate de segmentare;

tăierea și segmentarea simultană a celor două tuburi în bucăți segmentate cu un element de tăiere în unitatea de segmentare; și

mărunțirea bucăților segmentate cu o unitate de mărunțire.

26. Metoda din revendicarea 25, în care unul din cele două tuburi este un tub de presiune radioactiv.

27. Metoda din revendicarea 25, în care etapa de tăiere și de segmentare include deplasarea unei lame metalice pentru tăierea celor două tuburi.

28. Metoda din revendicarea 27, în care etapa de tăiere și de segmentare include decelerarea celor două tuburi înainte de tăierea celor două tuburi cu lama metalică.

29. Metoda din revendicarea 25, în care etapa de mărunțire a bucăților segmentate include rotirea unei multitudini de elemente de mărunțire în jurul unei multitudini de axe decalate pentru prinderea și tragerea și mărunțirea bucăților segmentate.

30. Metoda din revendicarea 25, în care etapele de tăiere și segmentare și mărunțire au loc la distanță într-o instalație separată de cea a reactorului nuclear.

31. Metoda din revendicarea 30, care mai cuprinde etapa de transport a celor două tuburi de la reactorul nuclear la instalația separată cu un container de transfer, înainte de tăierea și segmentarea celor două tuburi.

32. Sistem de reducere a volumului pentru componente de reactor nuclear cuprinzând:

o unitate de alimentare pentru primirea unui tub radioactiv de la un reactor nuclear; și

o unitate de mărunțire pentru primirea tubului radioactiv de la unitatea de alimentare și mărunțirea tubului radioactiv.

33. O metodă pentru reducerea volumului unui tub de reactor nuclear cuprinde:

scoaterea unui tub de reactor nuclear radioactiv de la un reactor nuclear; și  
mărunțirea tubului de reactor nuclear cu o unitate de mărunțire.

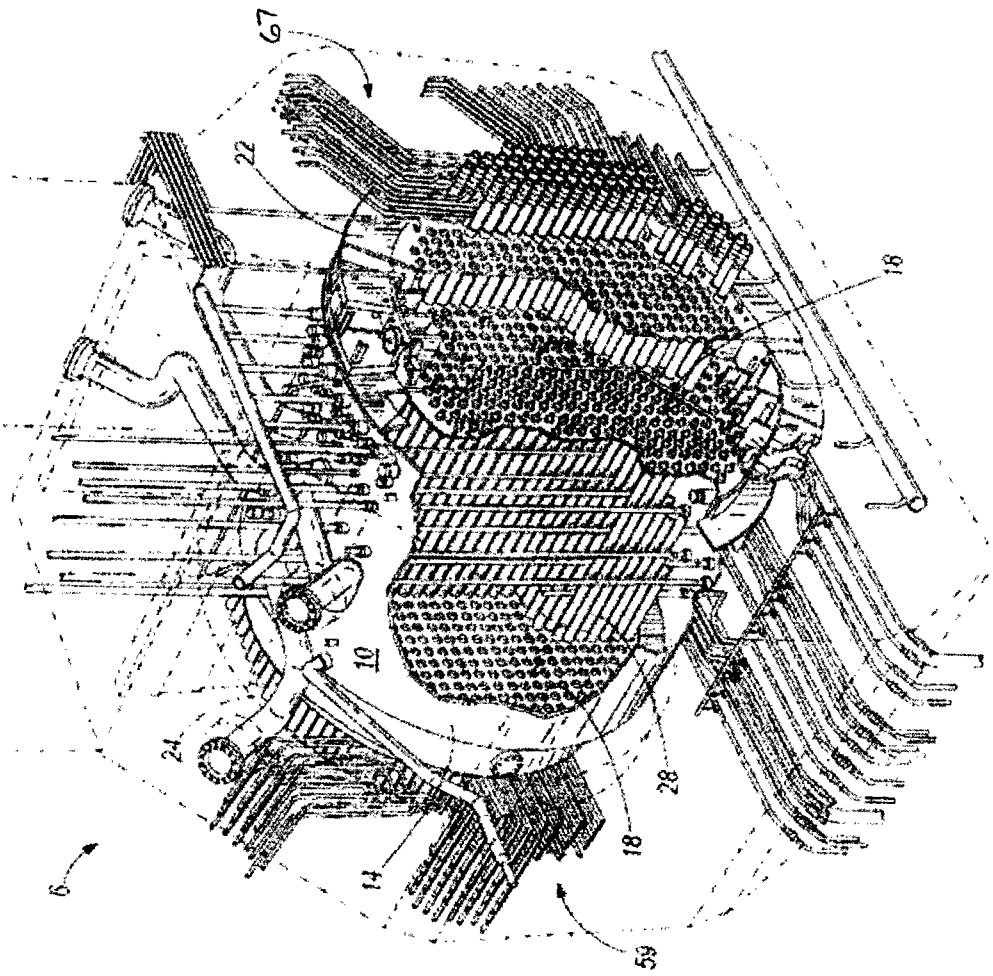


FIG. 1

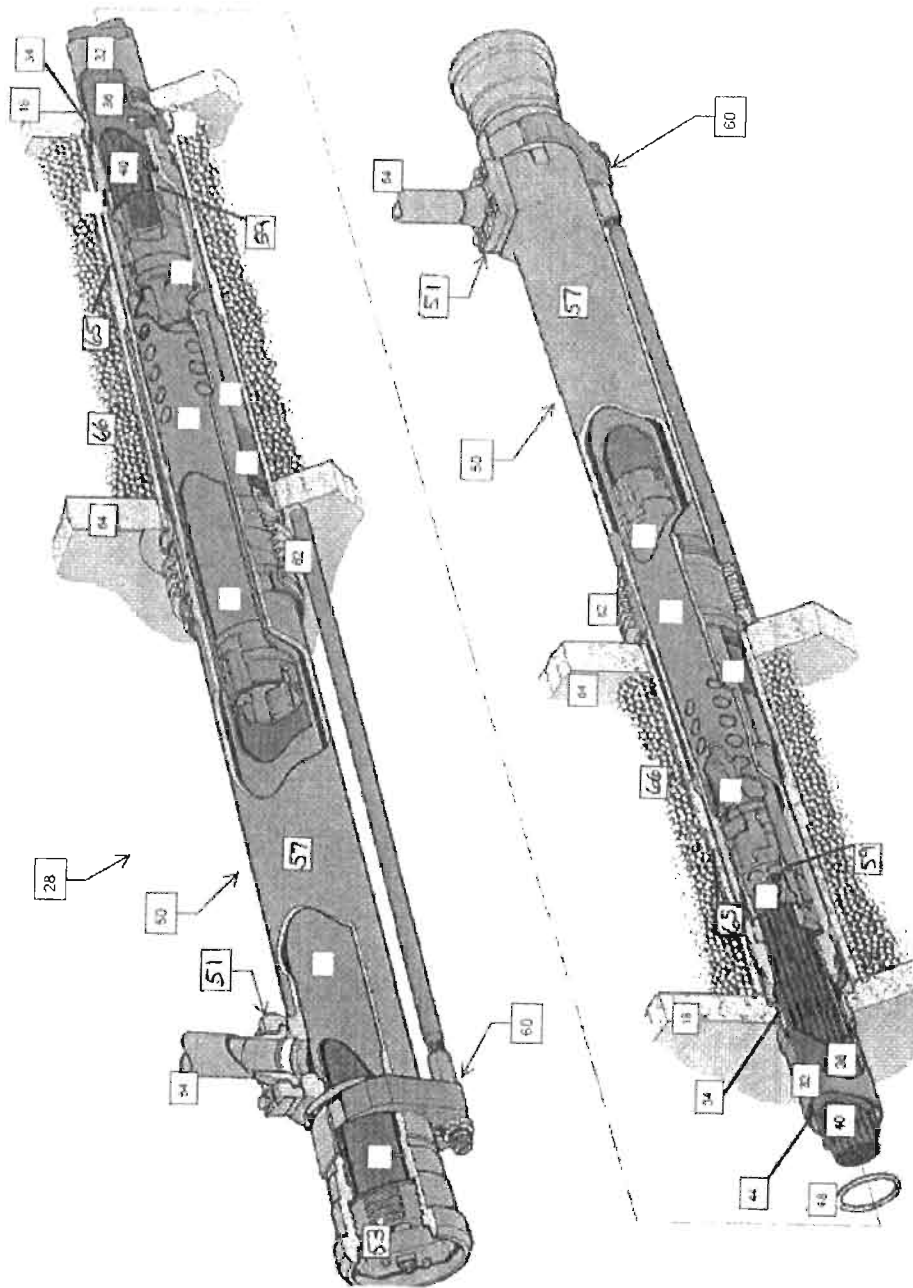


FIG. 2

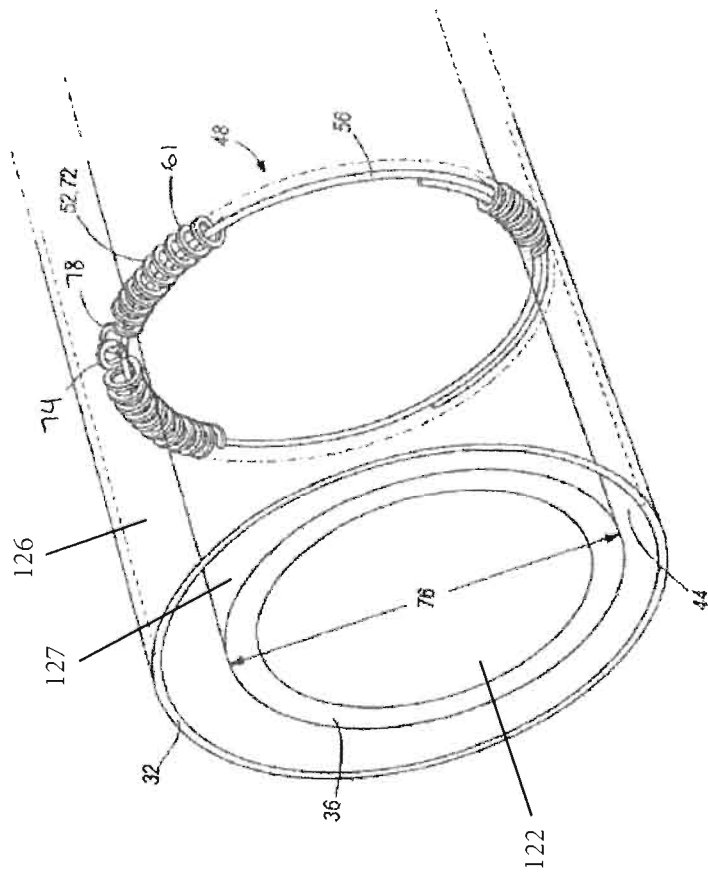


FIG. 3

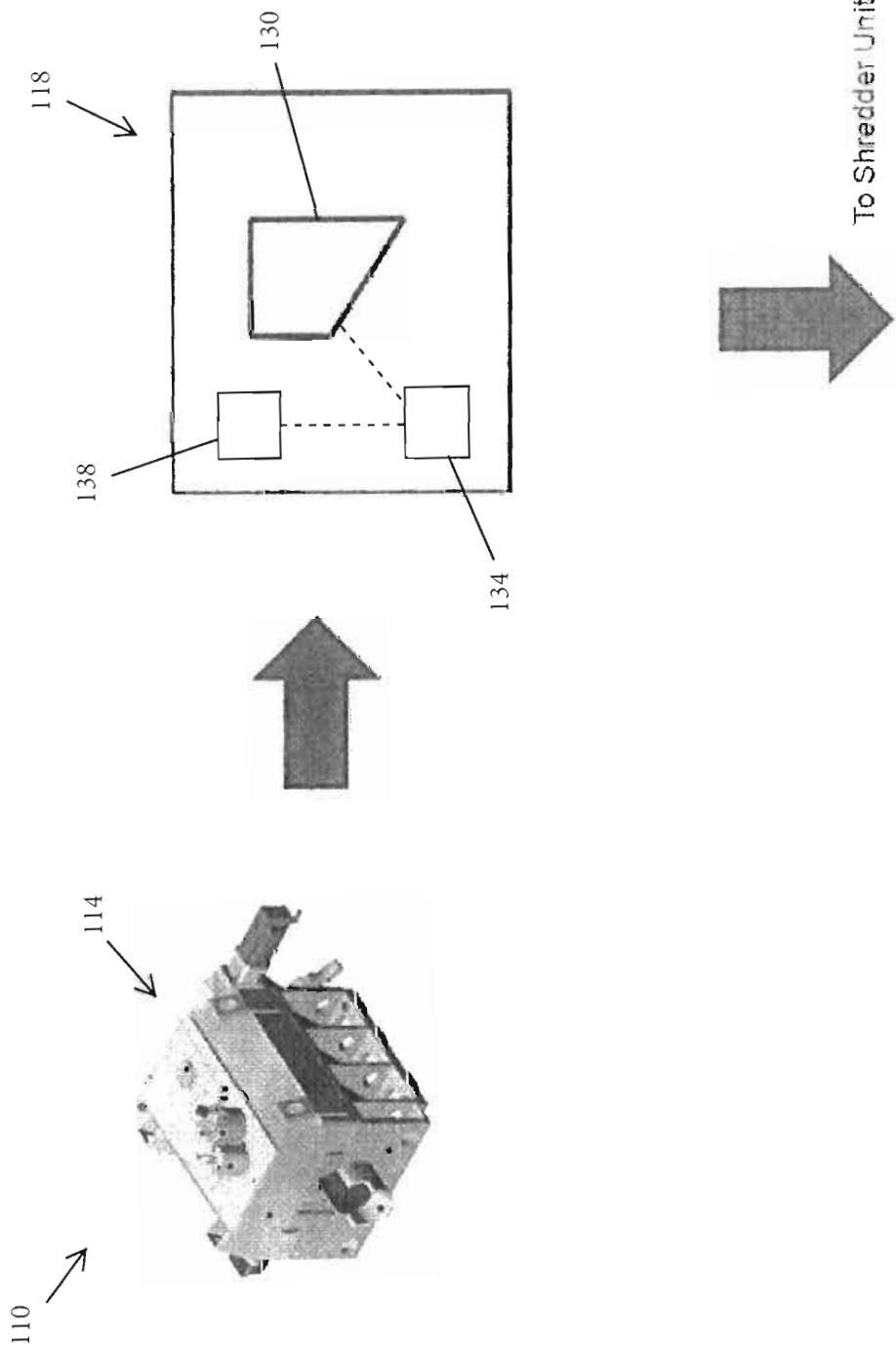


FIG. 4

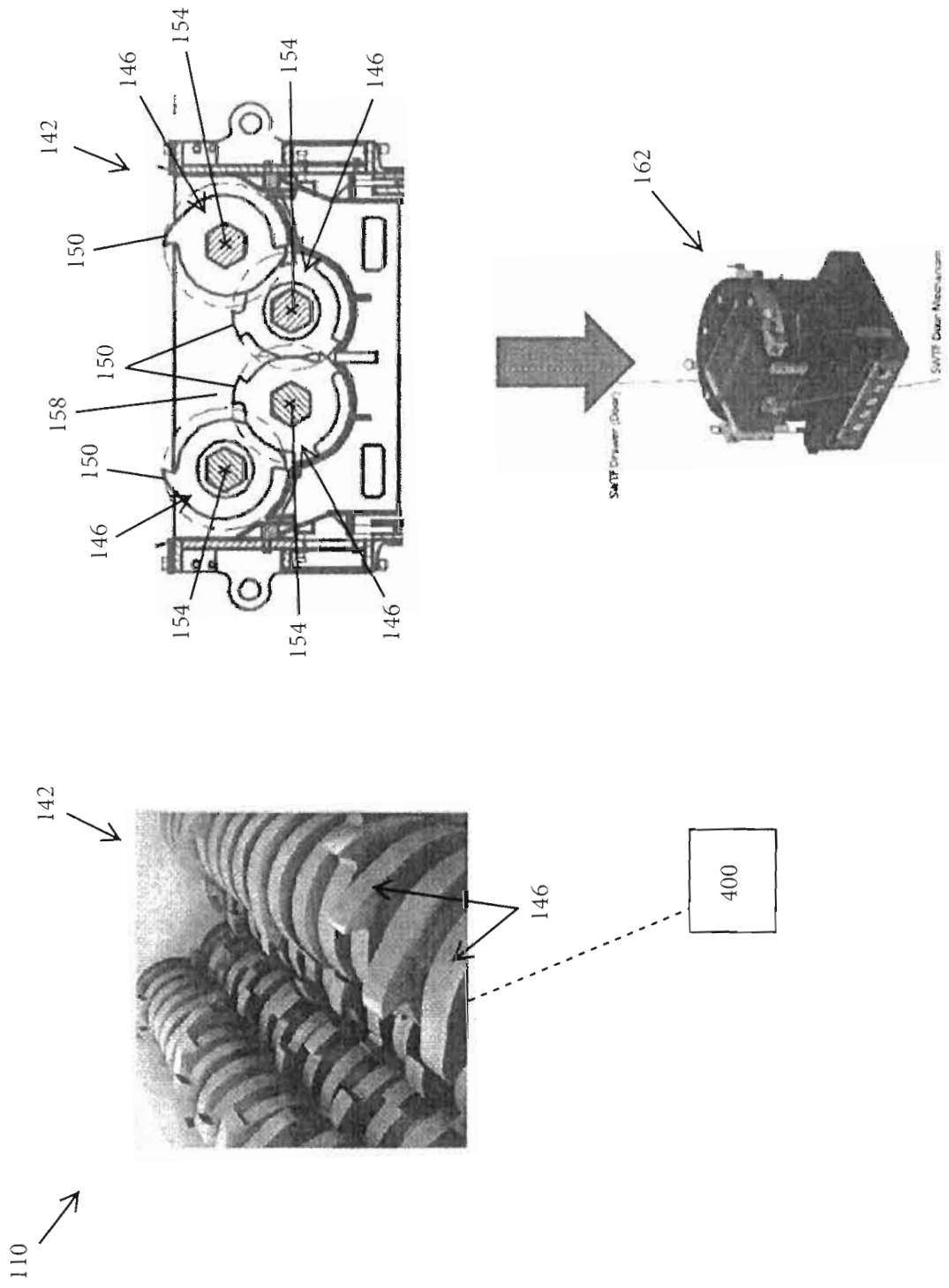


FIG. 5



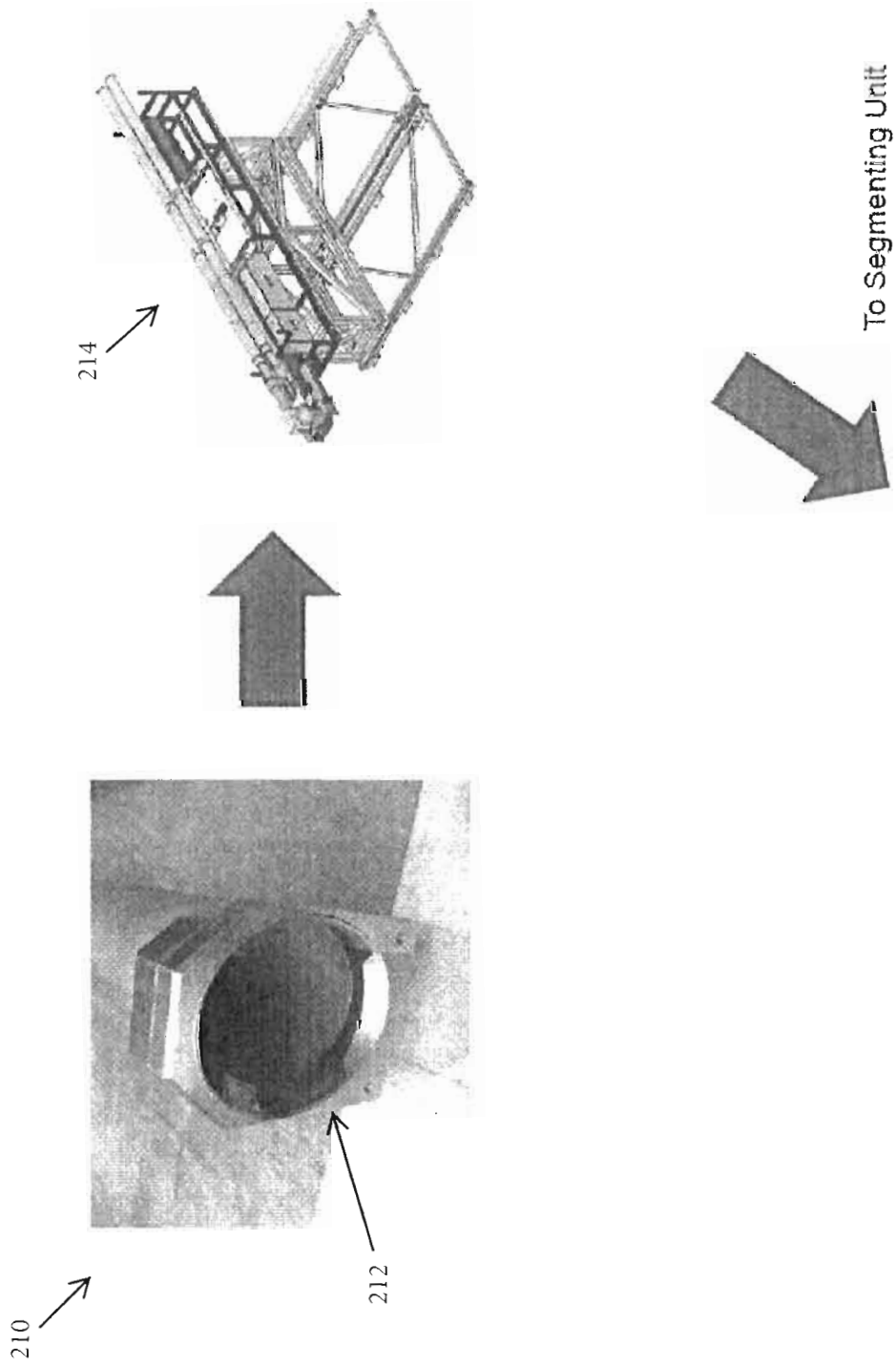


FIG. 6

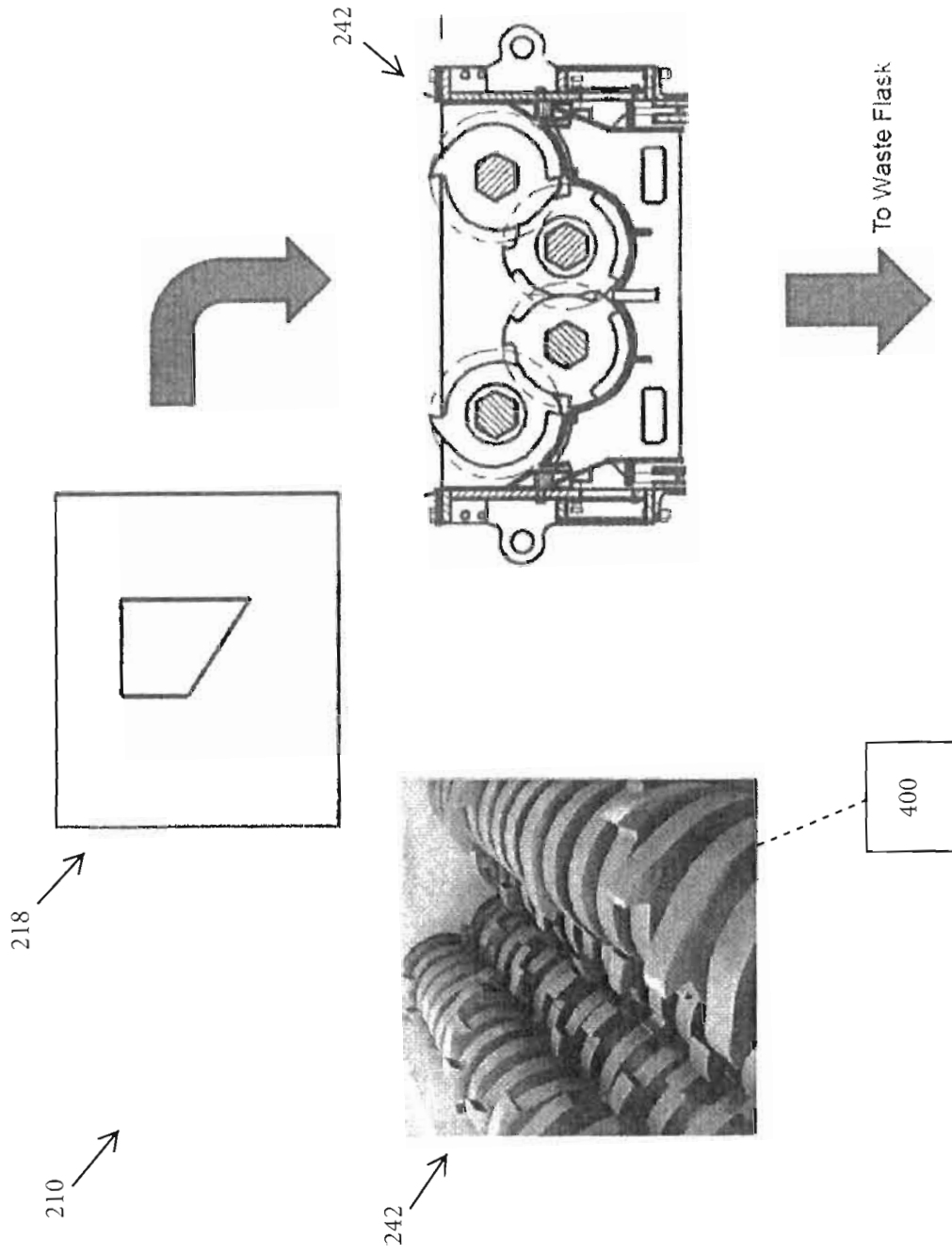


FIG. 7

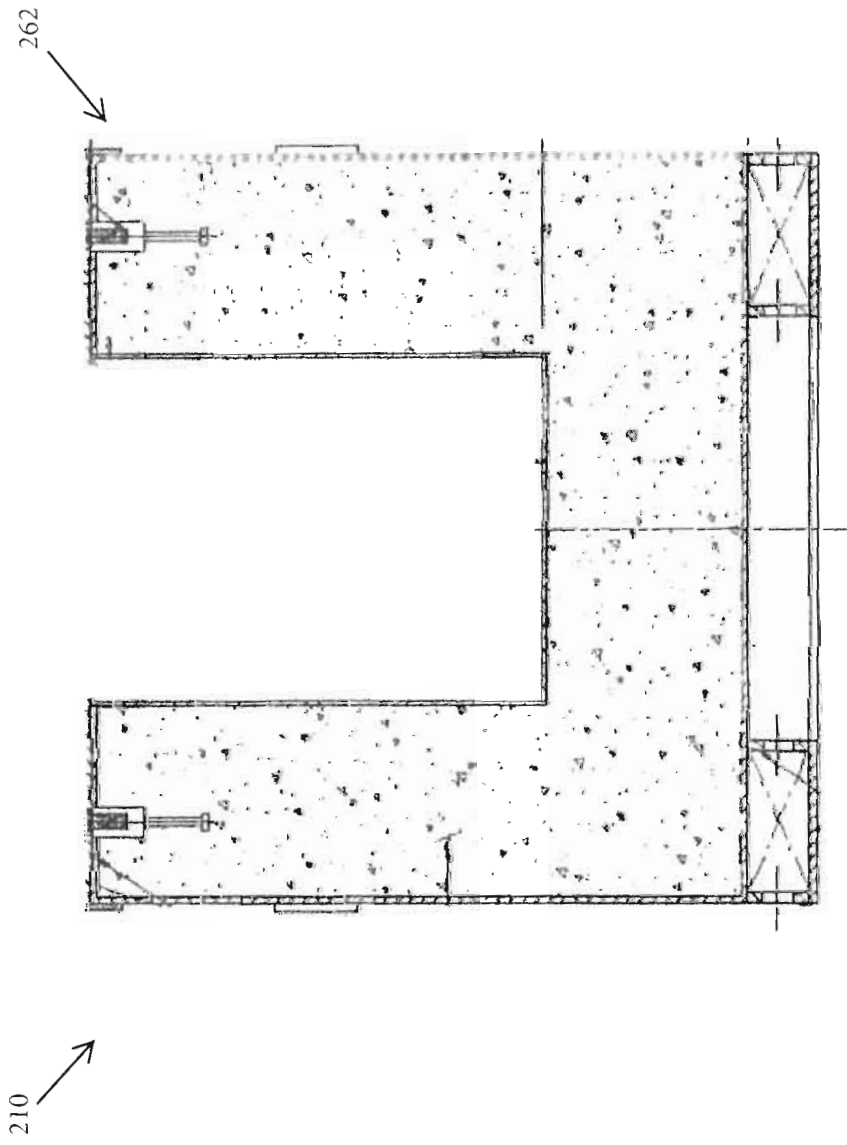


FIG. 8

85

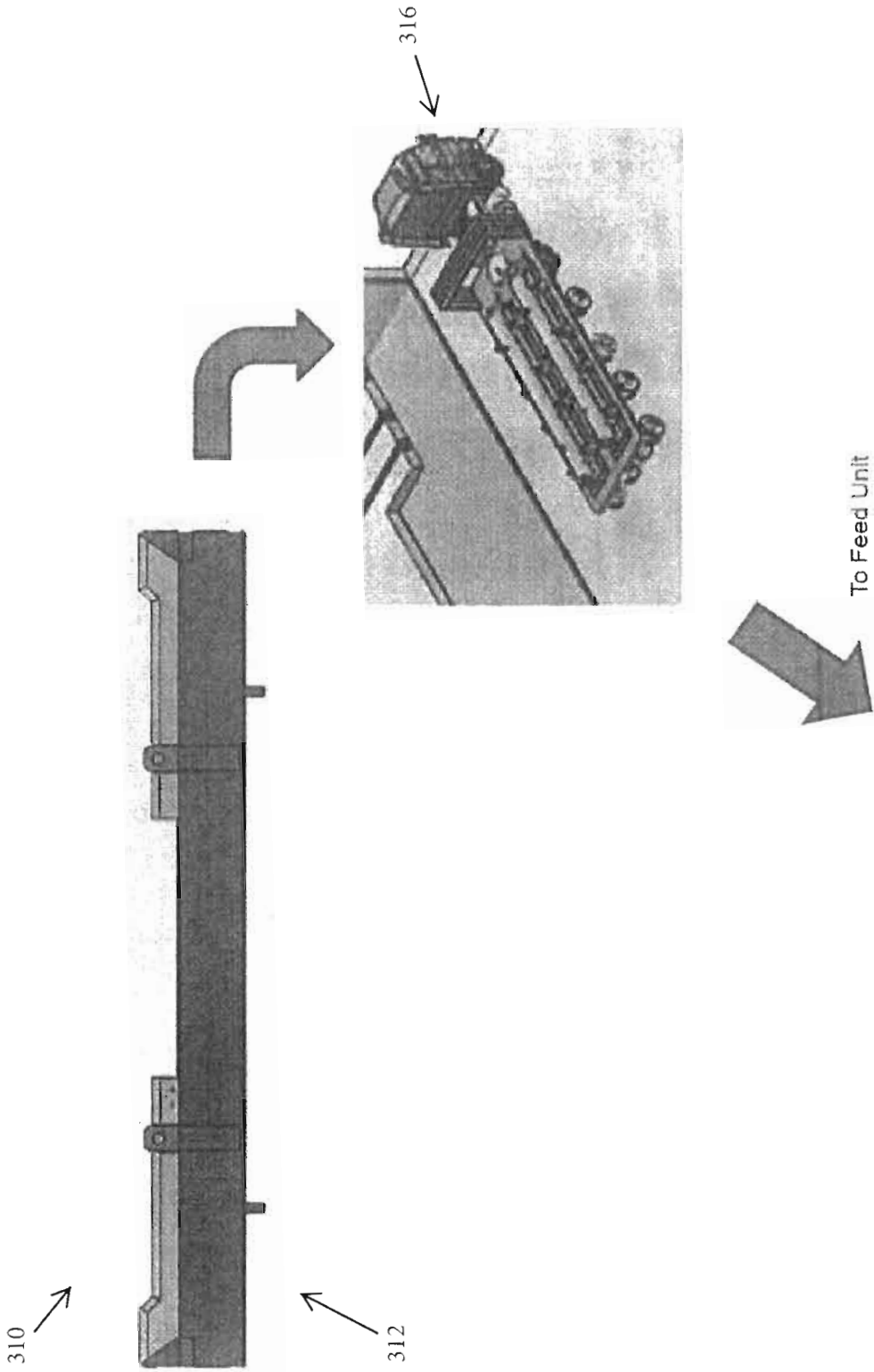


FIG. 9

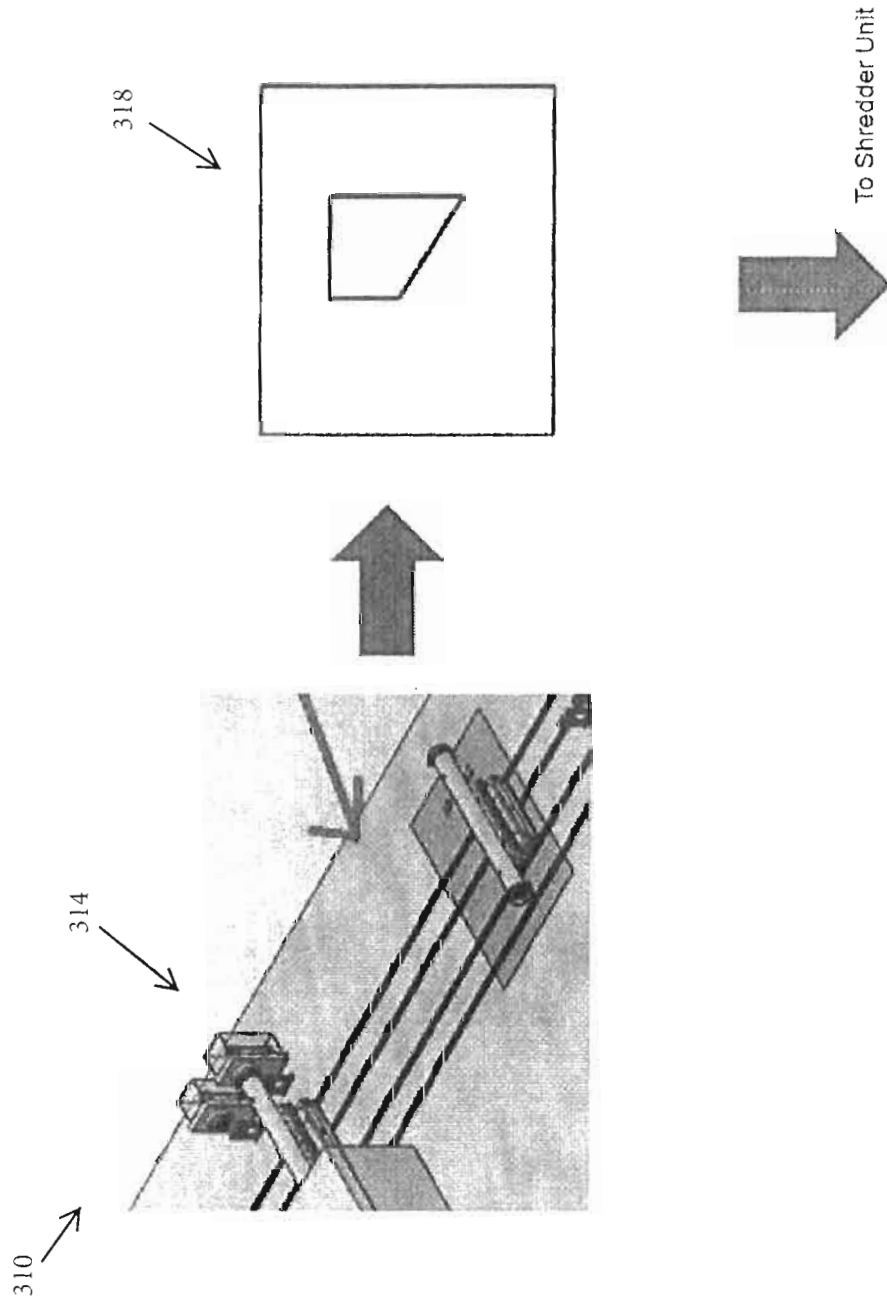


FIG. 10

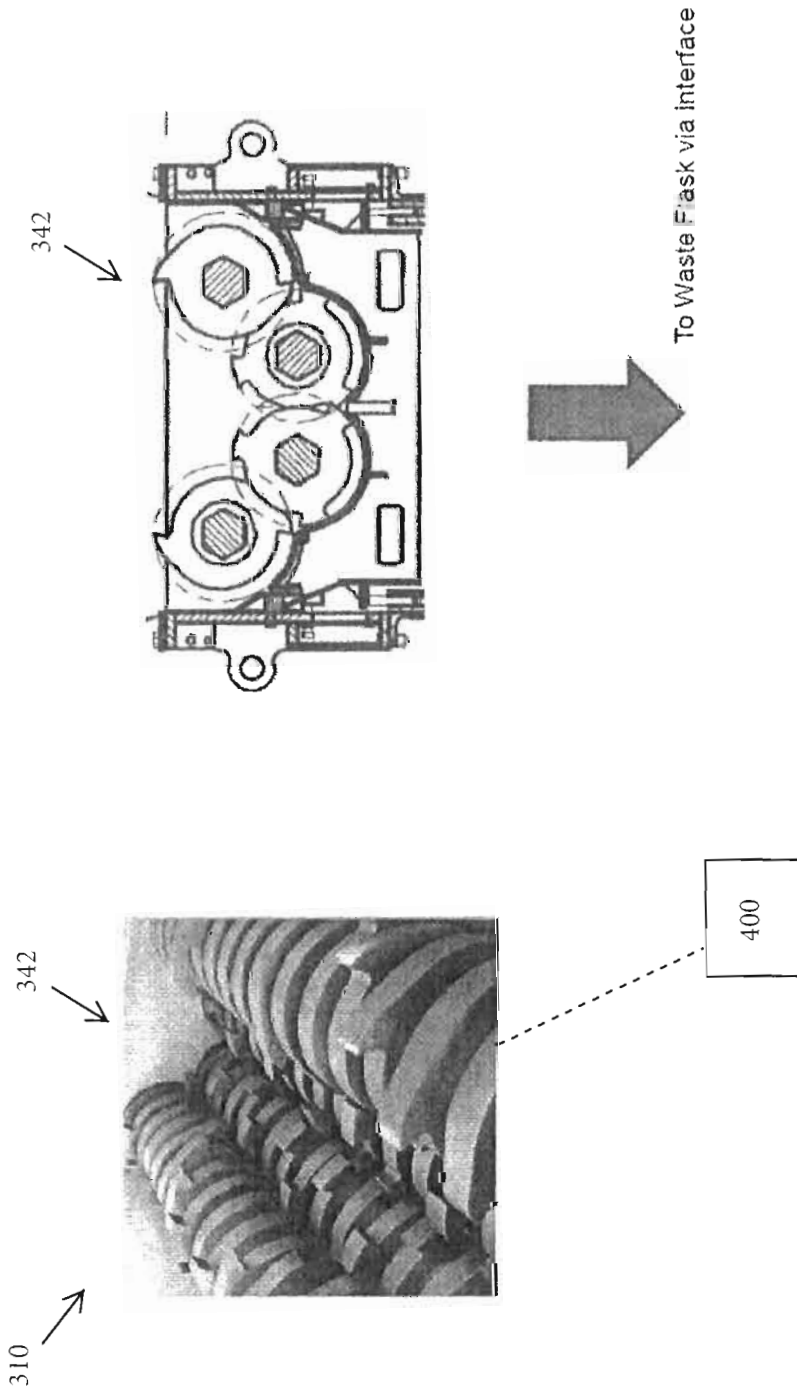


FIG. 11

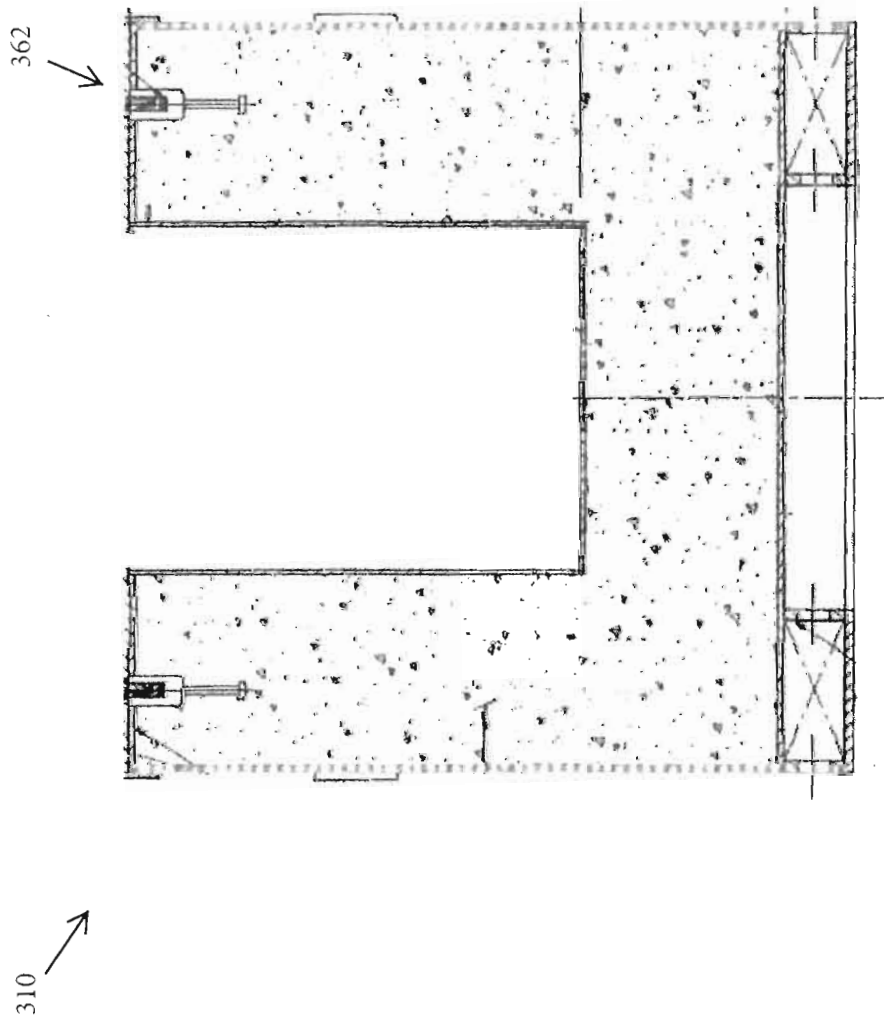


FIG. 12

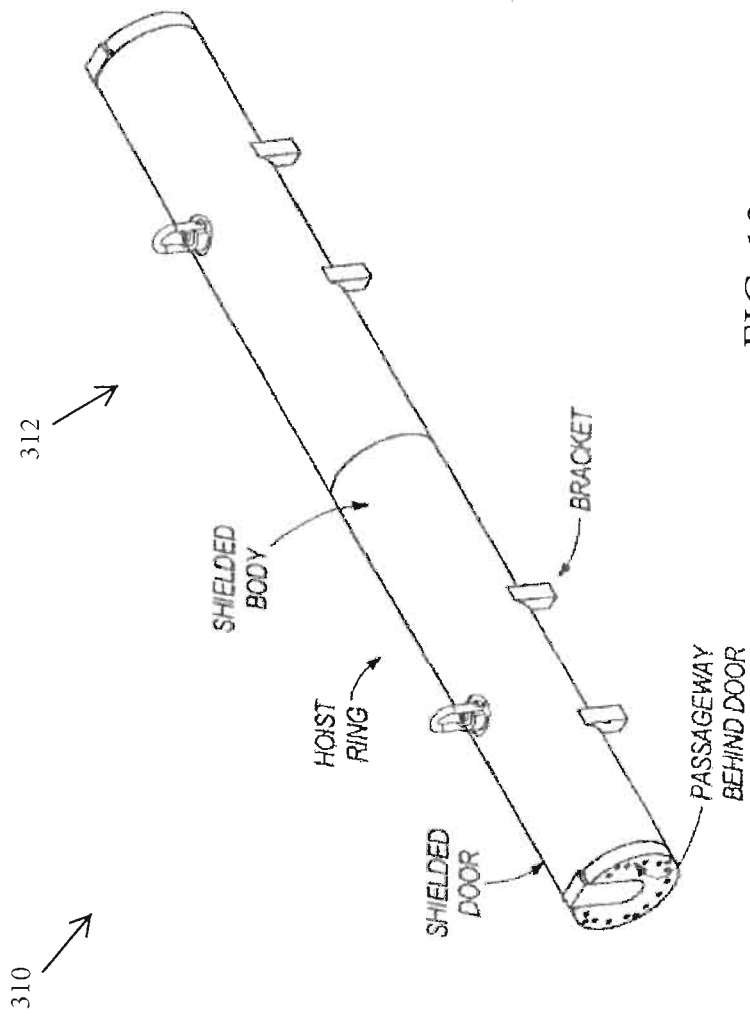


FIG. 13



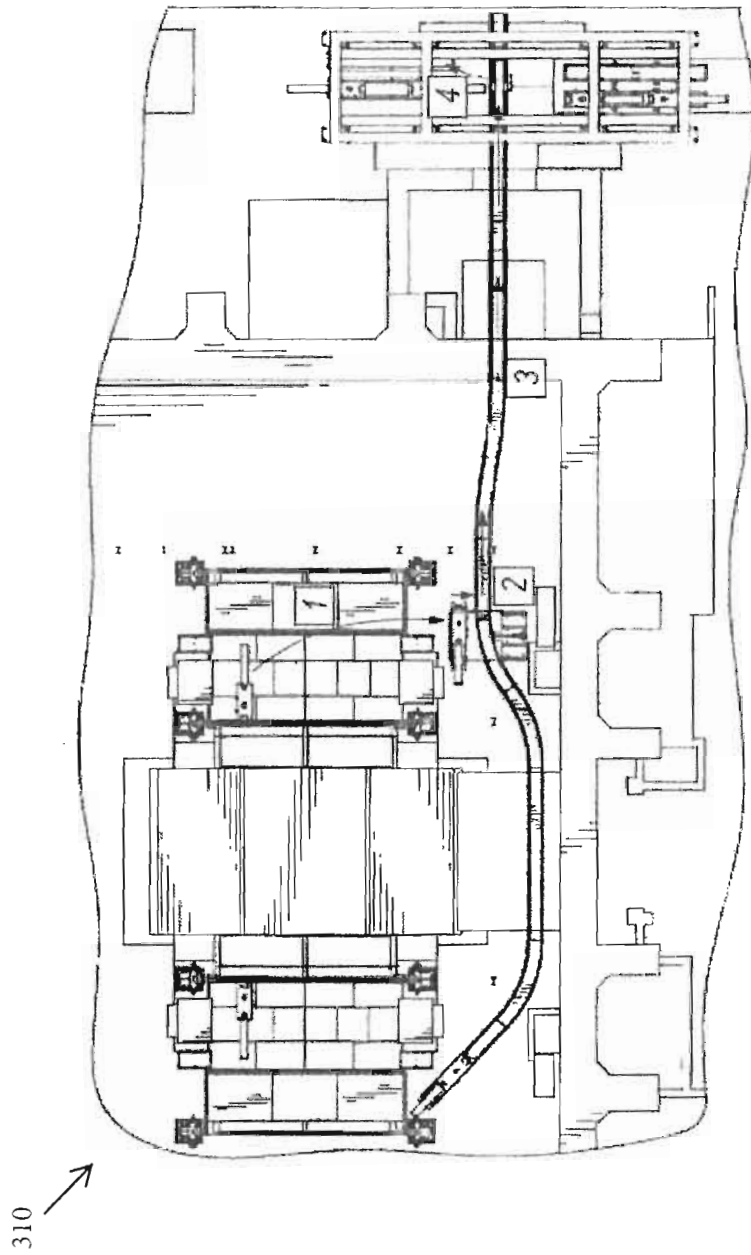


FIG. 14