

POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 41764

Kl. 21 g, 21/10

Commissariat à l' Energie Atomique *)

Paryż, Francja

Zespół bloków tworzących ustrój pryzmatyczny, stanowiący stały spowalniacz reaktora jądrowego o kanałach pionowych

Patent trwa od dnia 26 listopada 1957 r.

Pierwszeństwo: 3 grudnia 1956 r. (Francja)

Wynalazek dotyczy zespołu bloków tworzących ustrój pryzmatyczny a w szczególności dotyczy bloków, stanowiących stały spowalniacz reaktora jądrowego o pionowych kanałach.

Wynalazek ma na celu przede wszystkim ulepszenie takich zespołów przez uproszczenie ich konstrukcji oraz nadanie im większej trwałości i rentowności.

Wynalazek polega głównie na skonstruowaniu zespołu ze słupów pionowych, rozmieszczonych obok siebie z pozostawieniem odstępów, przy czym każdy z tych słupów składa się ze stosu wymienionych wyżej bloków, rozmieszczonych w poziomych warstwach nałożonych na siebie, przy czym każda warstwa jest również utworzona z szeregu bloków, umieszczonych

obok siebie równolegle i nie stykających się ze sobą, i to w ten sposób, że kierunek ogólny bloków każdej warstwy tworzy z blokami warstw przyległych kąt najlepiej prosty (układ warstw skrzyżowanych), przy czym między każdym blokiem i podtrzymującą go warstwą jest zastosowany rodzaj połączenia o charakterze izostycznym.

W reaktorach jądrowych o kanałach pionowych i spowalniaczu stałym część czynna, w głębi której odbywają się reakcje łańcuchowe, składa się ze spowalniacza dużych rozmiarów przewierconego licznymi kanałami pionowymi, w których krąży czynnik chłodzący i w których są umieszczone elementy materiału rozszczepialnego.

Spowalniacz składa się z zestawu bloków wydłużonych poziomo, posiadających kształt zbliżony do prostopadłościanu o przekroju prostym, praktycznie biorąc kwadratowym i o długości

*) Właściciel patentu oświadczył, że twórcami wynalazku są Roland Lonis Roche i Roger Martin.

znacznie większej od szerokości (np. trzy do ośmiokrotnie większej). Bloki te są ukształtowane przez ciągnięcie.

Taki zestaw stanowi, praktycznie biorąc, jedną konstrukcję nośną środka stosu i z tego względu powinien posiadać następujące właściwości mechaniczne i geometryczne jak stateczność i wytrzymałość mechaniczną, ciągłość powierzchni wewnętrznej kanałów, w których krąży ciecz chłodząca i w których znajdują się elementy materiału rozszczepialnego, aby umożliwić niezawodne chłodzenie tych elementów, jak również dogodne ładowanie i rozładowanie (w szczególności nie powinno być ani luzów, ani odprysków, które spowodowałyby zważanie przekroju lub zatkania), oraz ciągłość powierzchni wewnętrznej innych wydrążeń, pozostawionych w zestawie i służących do umieszczenia przyrządów regulacji, kontroli, bezpieczeństwa itd., potrzebnych przy pracy stosu. Budowa zestawu winna umożliwić konserwację tak by te różne cechy były zachowane przez czas dostatecznie długi, aby umożliwić amortyzację konstrukcji.

W szczególnym przypadku stosów spowalnianych za pomocą grafitu przydatność takiego materiału do spełnienia wymienionych warunków jest znacznie obniżona przez następujące niżej podane fakty, wynikające z właściwości grafitu i działania stosu.

Grafit uformowany przez ciągnięcie jest materiałem anizotropowym, którego oś główna jest osią ciągnięcia (kierunek podłużny). W szczególności jego współczynnik rozszerzalności cieplnej jest na ogół znacznie niższy w tym kierunku głównym, niż w kierunku do niego prostopadłym.

W części czynnej stosu podczas jego działania wywiązuje się znaczna ilość ciepła, wskutek czego temperatura robocza grafitu jest znacznie wyższa od temperatury otoczenia. Z chwilą zatrzymania stosu grafit ochładza się do temperatury otoczenia, wobec czego zestaw podlega kolejno działaniu gorąca i zimna odpowiednio do okresów pracy i okresów postoju, w czasie którego wymiary prętów grafitowych zmieniają się w sposób pseudoperiodyczny.

W stosie pracującym grafit, znajdujący się w środku stosu, jest poddany działaniu wszelkich promieni jądrowych. Część tego promieniowania, a zwłaszcza neutrony szybkie, powodują rozszerzanie się dodatnie lub ujemne (kurczenie się) grafitu i to w stopniu znacznie większym aniżeli rozszerzanie się wywołane wpływem temperatury, ponieważ może wynosić kilka procent. Takie odkształcenia, znane pod

nazwą efektu Wignera, są również anizotropowe i w blokach wykonanych przez ciągnięcie stanowią rozszerzenia poprzeczne i skurczenia podłużne. Odkształcenia są w każdym punkcie zestawu inne i na ogół większe w środku niż na obwodzie.

W stosach atomowych o kanałach pionowych, znanych dotychczas, stosuje się na ogół zestaw zwarty o wyglądzie monolitycznym i stanowiący sam w sobie zespół masy grafitowej niezbędnej do pracy stosu. Bloki stanowiące taki zestaw są umieszczone poziomo w warstwach nałożonych na siebie, które mogą być rozmieszczone na dwa różne sposoby jako warstwy skrzyżowane lub równoległe.

W układzie warstw skrzyżowanych każda warstwa jest prostopadła do dwóch warstw sąsiednich. Takie rozwiązanie daje oczywiście dobrą stateczność, ale ma tę wadę, że przyczynia się do znacznych rozszerzeń różnicowych na skutek anizotropowości grafitu, tak iż zachodzi obawa powstania luzów, które odkształcają kanały i powodują ich wzajemne łączenie się, wskutek czego staje się niemożliwa wszelka regulacja przepływu cieczy chłodzącej.

Poza tym rozszerzenia różnicowe, wynikające z anizotropowości materiału lub zmiany rozszerzalności pomiędzy jednym punktem a drugim, przyczyniają się do pełzania bloków jeden po drugim, co powiększa istniejące luzy, odkształca kanały i w końcu powoduje zburzenie budowli grafitowej. Trzeba więc jeszcze wprowadzać urządzenie zapobiegające pełzaniu, a mianowicie urządzenia te należą bądź do rodzaju urządzeń opartych na zasadzie „interwencji sił zewnętrznych” (o czym będzie mowa niżej w związku z drugim układem warstw), bądź do rodzaju urządzeń, znanego pod nazwą „przymusowe złączenie bloków”, gdzie narządy połączeniowe, podobne do używanych w mechanice, np. czopy lub kliny, łączą bloki w jeden zwarty zespół. W praktyce wykonanie takiego zespołu jest bardzo trudne, ponieważ jednocześnie wymaga się, ażeby wszystkie bloki były całkowicie związane, a odkształcenia wywołane przez wiązania nie stwarzały znacznych naprężeń w materiale.

W układzie warstw równoległych wszystkie bloki, niezależnie od warstwy, do której należą, są do siebie równoległe. Chociaż w ten sposób usuwa się trudności, wynikające z anizotropowości grafitu, za to otrzymuje się zestaw, który nie jest w sposób naturalny stateczny a zaklinowanie takiego zestawu jest prawie niemożliwe. Wobec tego dla zapobieżenia pełzaniu blo-

ków i zapadnięciu się budowli potrzeba przyłączyć do zestawu siły zewnętrzne. Siły te, które mogą być wywierane przez sprężyny, powinny mieć charakterystyki zbliżone do parcia hydrostatycznego, tzn. powinny być w przybliżeniu równe w trzech kierunkach, odpowiadających wymiarom przestrzennym. Działanie takiego mechanizmu, na ogół bardzo skomplikowanego, nie byłoby niezawodne jeżeli weźmie się pod uwagę znaczne współczynniki tarcia, jakie mogą zachodzić pomiędzy dwoma blokami grafitowymi, ponieważ tarcie mogłoby przeciwstawić się wywieranym siłom i uniemożliwić jakiekolwiek skuteczne działanie.

Aby zapobiec tym wadom stały spowalniacz reaktora jądowego o kanałach pionowych rozkłada się według wynalazku na pewną liczbę słupów umieszczonych obok siebie i oddzielonych od siebie przez małe szczeliny, przy czym w każdym słupie bloki spowalniacza są ułożone w warstwach, a każda z tych warstw jest złożona z bloków nieprzylegających do siebie ściśle, przy czym stosuje się rodzaj połączenia o charakterze izostatycznym pomiędzy każdym blokiem i warstwą, która podtrzymuje go bezpośrednio.

Jako rodzaj połączenia o charakterze izostatycznym należy tu rozumieć znany z wytrzymałości materiałów rodzaj połączenia, który pozwala jednocześnie ściśle kontrolować położenie elementu związanego i uniknąć wszelkiego związania nadmiernego, jakie mogłyby spowodować niepożądane naprężenia i odkształcenia obniżające wytrzymałość całości. Zespół jest więc utrzymywany prawidłowo na miejscu, przy czym nie powstają w nim naprężenia wywołane w szczególności efektem Wignera lub efektem termicznym.

Taki rodzaj wiązania można otrzymać na różne sposoby, ale najlepiej go osiągnąć przez zespolenie połączenia wahlowego z połączeniem poślizgowym, jak to będzie wyjaśnione niżej.

W ten sposób w każdym bloku, który rozciąga się jako jedna całość od jednego końca słupa do drugiego i nigdzie nie jest utworzony przez kolejne ułożenie wielu kawałków jeden na przedłużeniu drugiego, pierwszy punkt tego bloku, położony na przykład w jego środku lub w innym miejscu, jest unieruchomiony względem jednego z bloków warstwy dolnej, co pozwala na względny obrót takich bloków. Takie połączenie może być wykonane dowolnym znanym sposobem, np. za pomocą części cylindrycznej obrotowej pełnej, jak np. czop, lub wydrążonej,

jak np. tuleja, która to część może być wpuszczona jednocześnie do dwóch gniazd, wykonanych odpowiednio w każdym z dwóch bloków. Drugi punkt podpartego bloku, umieszczony na jego drugim końcu, jest ograniczony do posuwu na odcinku prostej poprowadzonej na jednym z bloków warstwy dolnej tak, aby uniemożliwić wszelki ruch obrotowy, który był dozwolony w wiązaniu poprzednim, przez co w żadnym razie nie wprowadza się wiązania nadmiernego. Takie wiązanie może być wykonane np. za pomocą narzędzi podobnego do klina suwakowego.

Bloki warstwy dolnej każdego słupa są połączone w ten sam sposób z płytą mocną i nieodkształcalną, która podtrzymuje słup.

Nowy układ zestawu spowalniacza według wynalazku, dzięki zestawieniu słupów ustawionych obok siebie, pomiędzy którymi są pozostawione luzy, pozwala na zestawienie tego spowalniacza na podstawie nieco odkształcalnej, pod warunkiem, że płyty podtrzymujące każdy słup są sztywne. Poza tym taki podział zestawu na słupy pozwala uniknąć efektu kumulowania odkształceń w płaszczyźnie poziomej.

Stateczność każdego słupa jest zapewniona dzięki sprzyjającemu jej układowi warstw skrzyżowanych i dzięki sposobowi pełnego wiązania każdego bloku, nie pozwalającego na żadne przesunięcie ani pełzanie względem sąsiednich bloków i to bez użycia mechanizmów zewnętrznych.

Takie umocowanie bloków pozwala na zapewnienie ciągłości kanałów pionowych bez obawy powstawania dostrzegalnych nieszczelności pomiędzy różnymi częściami składowymi ścianek wewnętrznych. Taka ciągłość ścianek ułatwia manipulowanie paliwem w kanałach i usuwa wszelkie ryzyko strat między kanałami, gdyż każdy blok ściśle przylega do bloków sąsiednich, położonych bezpośrednio wyżej i niżej.

Luz pozostawiony w kierunku poziomym pomiędzy prętami równoległymi tej samej warstwy pozwala na powstawanie normalnych rozszerzeń różnicowych bez szkodliwych skutków, podczas gdy rozszerzania przypadkowe (np. rozszerzania się na skutek niejednorodności bloku), odkształcające bloki, są odbierane przez umocowanie.

Rozszerzania zmienne od jednego punktu do drugiego w zestawionej całości nie odkształcają w sposób dostrzegalny przekrojów słupów, a w kierunku osi tych słupów powodują tylko

wydłużenie i wykrzywienie dopuszczalne ze względu na stateczność bez konieczności stosowania jakichkolwiek wiązań między dwoma sąsiednimi słupami. Poza tym, wobec tego że obserwuje się na ogół skurczenie w kierunku podłużnym (efekt Wignera) przekrój prosty słupów zmniejsza się, co usuwa obawę nadmiernego docisku słupów do siebie.

Nowa metoda zestawienia nadaje się w szczególności do zestawów spowalniaczy dużych stosów grafitowych, lecz może być również użyta do zestawu spowalniacza jakiegokolwiek stosu (lub reaktora), spowalnianego za pomocą dowolnego innego stałego materiału, jak np. za pomocą glucyny.

Sposób według wynalazku może również nadawać się do zestawienia reflektora do stosów wszelkiego rodzaju (nawet do stosów z wodą ciężką, z wodą naturalną itd.).

W zakresie jeszcze bardziej ogólnym wynalazek nadaje się do racjonalnego zestawienia bloków z materiałów podlegających rozszerzeniom anizotropowym i niejednorodnym.

Na rysunku (fig. 1—13) przedstawiono schematycznie przykład wykonania według wynalazku zestawu spowalniacza w stosach atomowych o stałym spowalniaczu. Opisane przykłady wykonania nie wyczerpują wynalazku, gdyż wszelkie ich równoważne odmiany mogą być zastosowane bez wykroczenia poza ramy wynalazku.

Fig. 1 przedstawia przekrój pionowy wzdłuż linii I—I na fig. 2 części czynnej stosu atomowego o kanałach pionowych, spowalnianych za pomocą grafitu, przy czym spowalniacz jest zestawiony według wynalazku, fig. 2 zaś przedstawia przekrój poziomy tego samego stosu wzdłuż linii II—II na fig. 1. Fig. 3 przedstawia widok z przodu jednego ze słupów grafitowych stosu atomowego według fig. 1, a fig. 4 — ten sam słup w przekroju pionowym wzdłuż linii IV—IV na fig. 3. Fig. 5 i 6 przedstawiają ten sam słup w przekroju poziomym według linii V—V oraz VI—VI na fig. 3. Fig. 7 przedstawia w zwiększonej skali szczegół z fig. 4, fig. 8 — szczegół w przekroju wzdłuż linii VIII—VIII na fig. 6, fig. 9 — widok warstwy z góry i fig. 10 — widok tej samej warstwy z boku, przy czym obie te figury uwidaczniają odkształcenia warstw bloków w tej strefie, gdzie rozszerzenia są rozłożone w sposób w zasadzie jednorodny. Fig. 11 przedstawia odkształcenie warstwy bloków w strefie gdzie rozszerzania nie są rozłożone w sposób jednorodny. Wreszcie

fig. 12 i 13 przedstawiają odkształcenie całego słupa, a mianowicie fig. 12 uwidacznia odkształcenia przekrojów prostych i zmianę ich wysokości, a fig. 13 uwidacznia odkształcenia osi słupa. W rzeczywistości obydwie te odkształcenia powstają jednocześnie.

Na fig. 9—13 umyślnie uwydatniono przesadnie wielkość odkształceń, aby je lepiej uwidocznili na rysunku.

Na fig. 1 uwidoczniono podstawę stalową 1, która podtrzymuje pewną liczbę płyt żeliwnych 2, sztywno połączonych z podstawą, przy czym każda z nich podtrzymuje słup grafitowy 3. Większość tych słupów ma przekrój kwadratowy, chociaż niektóre z nich umieszczone na obwodzie zespołu, jak np. słup 4 (fig. 2) posiadają kształt bardziej złożony, jaki jest wymagany ażeby całość zestawu miała kształt walca obrotowego o osi pionowej. Każdy słup zawiera pewną liczbę pionowych kanałów cylindrycznych 5, otwartych na obu końcach masy czynnej i przedłużonych przez otwór w płycie żeliwnej. Kanały te zawierają materiał rozszczepialny i służą do przepuszczania cieczy chłodzącej.

Każdy słup grafitowy składa się z nałożonych na siebie warstw 6 i 7 (fig. 3), z których każda w niniejszym przykładzie składa się z pięciu bloków lub prętów grafitowych równoległych i nieznacznie oddalonych od siebie, przy czym szczelina między nimi jest rzędu 2—5 mm. Pręty te są umieszczone w warstwach skrzyżowanych, tzn. że pręty każdej warstwy są prostopadłe do prętów sąsiedniej warstwy dolnej. Na fig. 4 np. pręty 8, 9, 10, 11 i 12 warstwy 6 są prostopadłe do prętów 13, 14, 15, 16 i 17 warstwy 7 (fig. 3).

Szczeliny między słupami są rzędu 5—10 mm. Wysokość słupów wynosi około 10 mm. Pręty mają przekrój 195—200 mm oraz długość 1 m.

Dowolny pręt 10 przedstawiony linią przerywaną na fig. 6 jest połączony z prętem środkowym 15 warstwy dolnej 7 złączką tulejkową 18 (fig. 6), umieszczoną na osi środkowego kanału 19 (fig. 4 i 6) i klinem suwakowym 20 na skrajnym przecie 13 warstwy dolnej 7.

Fig. 7 przedstawia szczegół połączenia pręta 10 z prętem środkowym 15 warstwy dolnej 7 za pomocą tulei 18. Fig. 8 przedstawia klin suwakowy 20, który prowadzi koniec pręta grafitowego 10 po przecie 13 warstwy dolnej.

W opisanym przykładzie wykonania tuleja 18 i klin 20 są wykonane z grafitu. W każdym razie na tuleje i kliny można używać również innych materiałów przepuszczających neutrony, jak np. berylu, cyrkonu lub glucyny.

Umocowanie na podstawie żeliwnej 2 (fig. 3 i 4) jest podobne, a jedyna różnica polega na użyciu odmiennego materiału tulei i klina, które mogą być wykonane ze stali, ponieważ ze względu na swe położenie części te nie muszą przepuszczać neutronów.

W czasie działania stosu całość zestawiona, stanowiąca spowalniacz według wynalazku, podlega odkształceniom, gdy odbywa się w niej łańcuchowa reakcja jądrowa. Reakcja ta wywołuje rozszerzenia anizotropowe inne w każdym punkcie, a mianowicie największe w środku zestawu i zerowe na brzegach.

W tych strefach gdzie rozszerzenia w zestawionej całości stosu są rozłożone w sposób zasadniczo jednorodny (fig. 9 i 10) anizotropowość grafitu powoduje zmniejszenie luzów między prętami, gdyż rozszerzają się one prostopadłe do swej osi, a kurczą się równoległe do niej (efekt Wignera). Wymiary warstwy prętów zmniejszają się, gdyż są one wyznaczone przez długość prętów. Fig. 9 i 10 uwidoczniają zachowanie się prętów 21, 22, 23, 24 i 25, przedstawionych liniami ciągłymi przed odkształceniem i liniami przerywanymi po odkształceniu.

W strefach stosu gdzie rozszerzenia nie są rozłożone w sposób jednorodny i strumień neutronów, a więc i efekt Wignera wzrasta np. od strony prawej ku lewej, pręty warstwy dolnej 26 (fig. 11) podlegają w kierunku podłużnym rosnącemu skurczeniu od strony prawej ku lewej, co powoduje ich wygięcie, i na odwrót, w kierunku poprzecznym pręty warstwy górnej 27 podlegają rozszerzaniu zwiększającemu, które odkształca je trapezowo, a w wyniku tych obu odkształceń otrzymuje się kształt przedstawiony wyraźnie na fig. 11. Fig. 12 i 13 dają obraz całkowitego odkształcenia słupa.

W tych strefach, gdzie rozszerzenia są w zasadzie stałe w płaszczyźnie prostopadłej do osi słupów otrzymuje się wydłużenie słupa oraz lekkie odkształcenie o postaci hyperbolicznej na skutek podłużnego skurczu prętów. Oznaczenie 29 na fig. 12 wskazuje na kształt słupa 28 po odkształceniu.

W tych strefach, gdzie rozszerzenia nie są stałe następuje w płaszczyźnie prostopadłej do osi słupów wygięcie osi, uwidocznione na fig. 13, wynikające ze znaczniejszego rozszerzenia z lewej strony niż z prawej, przy czym to odkształcenie nakłada się na poprzednie.

Efekt Wignera wzrastający od strony prawej ku lewej odkształca słup pierwotny 30, który

przechodzi w położenie 31 (fig. 13). Przez większy przeciąg czasu obydwie poprzednie odkształcenia, uwidocznione na fig. 12 i 13, występują jednocześnie i nakładają się na siebie.

Odształcenia wymienione poprzednio wzrastają w czasie działania stosu, a więc czas ich trwania jest ograniczony do czasu, w ciągu którego wystąpi zanik luzów między blokami lub prętami oraz wygięcie słupa zagrażające stateczności.

Czas trwania określony w ten sposób jest zawsze dość znaczny, by pozwolił na wystarczającą amortyzację konstrukcji. W każdym razie ten czas trwania jest znacznie dłuższy od czasu trwania jakł można przypisać różnym typom zestawów znanych dotychczas.

Z a s t r z e ż e n i a p a t e n t o w e

1. Zespół bloków tworzących ustrój pryzmatyczny, stanowiący stały spowalniacz reaktora jądrowego o kanałach pionowych, znamieny tym, że jest utworzony ze słupów pionowych umieszczonych obok siebie z pozostawieniem luzów, przy czym każdy z tych słupów jest utworzony ze stosu bloków rozmieszczonych w warstwach poziomych, nałożonych na siebie i utworzonych przez uszeregowania bloków, ułożonych obok siebie równoległe w układzie nieściśłym, przy czym kierunek ogólny bloków każdej warstwy jest ustawiony pod kątem najlepiej prostym względem bloków każdej warstwy sąsiedniej (układ warstw skrzyżowanych), a pomiędzy każdym blokiem i jego warstwą podpierającą jest przewidziane połączenie o charakterze izostatycznym.
2. Zespół bloków według zastr. 1, znamieny tym, że połączenie izostatyczne między każdym blokiem i jego warstwą podtrzymującą jest wykonane z jednej strony za pomocą połączenia wahlowego dokoła osi pionowej, związanej z jednym z bloków tej warstwy, a z drugiej strony za pomocą suwakowego połączenia promieniowego, nie pozwalającego na obrót tego bloku dokoła wymienionej osi, lecz pozwalającego na jego odkształcenie podłużne.
3. Zespół bloków według zastr. 2, znamieny tym, że jest wyposażony w połączenia pierścieniowe o osi pionowej, które są wpuszczone jednocześnie do dwóch odpowiednich gniazd przewidzianych odpowied-

- nio w każdym z dwóch łączonych bloków, przy czym ta część jest wykonana z materiału przepuszczającego neutrony, dzięki czemu zapewnione jest połączenie wahlwe.
4. Zespół według zastrz. 1, znamieny tym, że przynajmniej grafityowe słupy pionowe, nie

położone na obwodzie zestawu, mają przekrój poziomy o kształcie kwadratowym.

Commissariat à l'Energie
Atomique

Zastępca: Kolegium Rzeczników Patentowych

Fig.1

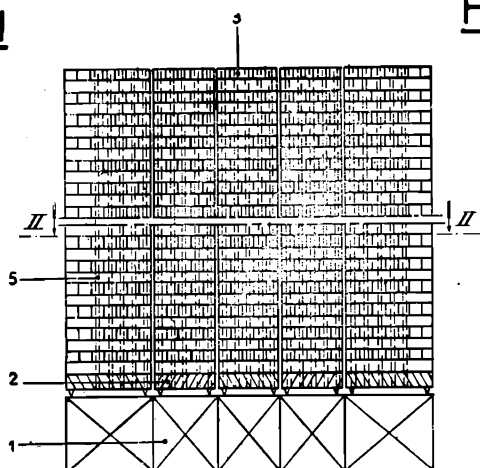


Fig.2

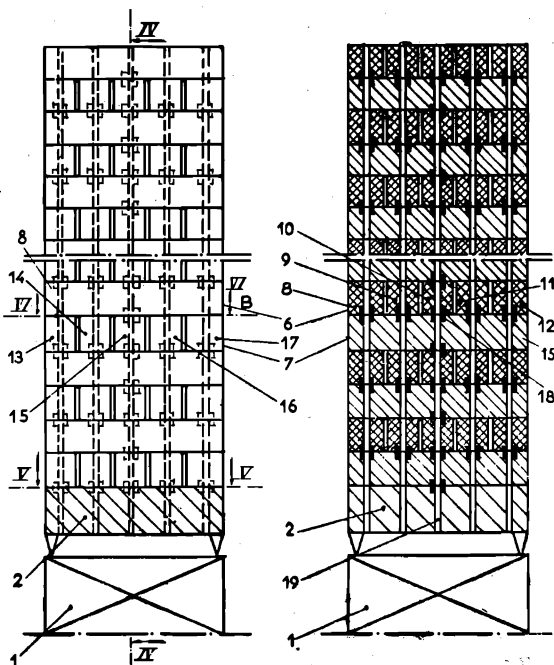
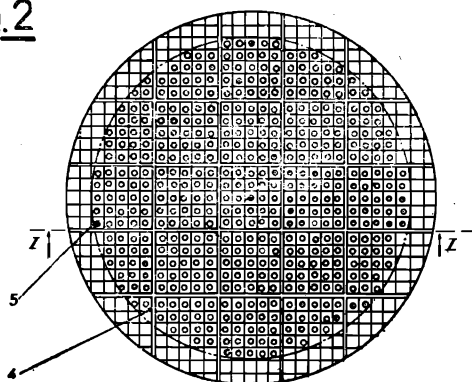


Fig.3

Fig.4

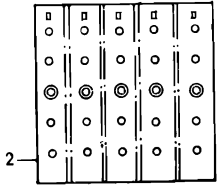


Fig.5

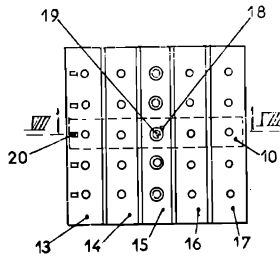


Fig.6

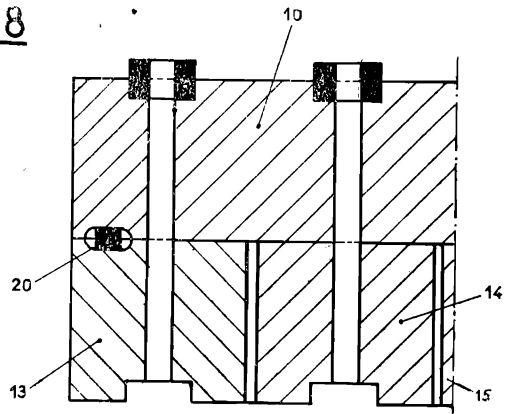


Fig.8

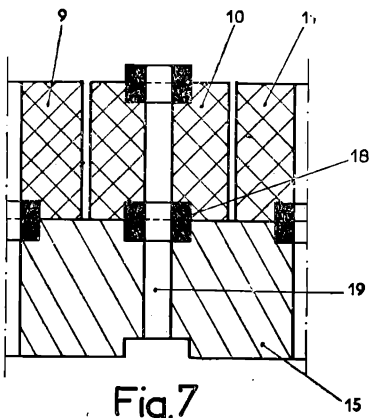


Fig.7

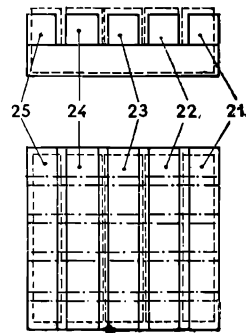


Fig.9

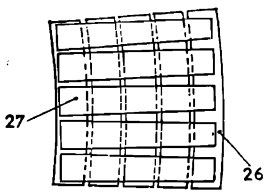


Fig.11

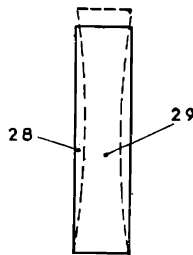


Fig.12

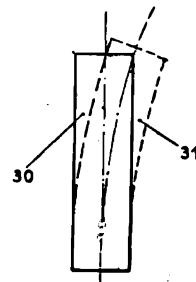


Fig.13