

(11) Patent numeris: **6740** (51) Int. Cl. (2020.01): **G21C 1/00**

(21) Paraiškos numeris: **2018 568**

(22) Paraiškos padavimo data: **2018-12-06**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2020-06-10**

(45) Patent paskelbimo data: **2020-06-25**

(62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —

(85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —

(30) Prioritetas: —

(72) Išradėjas:

Vidmantas REMEIKIS, LT
Artūras PLUKIS, LT
Laurynas JUODIS, LT
Grigorijus DUŠKESAS, LT

(73) Patent savininkas:

Valstybinis mokslinių tyrimų institutas Fizinių ir technologijos mokslų centras,
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, LT

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

Virgina Adolfina DRAUGELIENĖ, UAB TARPINĖ, A.P.Kavoliuko g. 24-152, LT-
04328 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Branduolinio reaktoriaus grafito klojinio išmontavimo būdas

(57) Referatas:

Išradimas priklauso apsaugos nuo rentgeno spindulių, gama spindulių, dalelinės radiacijos ar apšaudymo dalelėmis būdams, taip pat radiacija užkrėstų medžiagų tvarkymui ir tam skirtiems nukenksminimo įrenginiams. Branduolinio reaktoriaus grafito klojinio išmontavimo būdas, apimantis reaktoriaus ertmėje esančio grafito klojinio užtvindymą skysčiu, po to viršutinių grafito klojinio blokų iškėlimą ir perdavimą į tam skirtą vietą už reaktoriaus ribų. Siekiant supaprastinti labai apšvitinto grafito klojinio išmontavimo technologiją ir įrangą grafito klojinui iškelti jį užtvindo skysčiu, kurio tankis yra didesnis už reaktoriaus grafito tankį, o šio skysčio į reaktoriaus ertmę įpila tiek, kad grafito klojinys, veikiamas Archimedo jėgos, iškiltų tiek, kad einamuoju metu esantys viršutiniai blokai ir jo dalys visuomet plūduriuotų reaktoriaus ertmės viršuje tame pačiame lygyje, kurie valdomu manipulatoriumi perduodami į tam skirtą vietą už reaktoriaus ribų.

Technikos sritis

Išradimas priklauso apsaugos nuo rentgeno spindulių, gama spindulių, dalelinės radiacijos ar apšaudymo dalelėmis būdams, taip pat radiacija užkrėstų medžiagų tvarkymui ir tam skirtiems nuklenksminimo įrenginiams.

Technikos lygis

Techniniu požiūriu sudėtingiausia ir pavojingiausia žmogui ir aplinkai branduolinio reaktoriaus išmontavimo technologijos dalis yra jo šerdies išmontavimas. Branduolinio reaktoriaus išmontavimas vyksta labai didelės jonizuojančiosios spinduliuotės aplinkoje, todėl branduolinio reaktoriaus šerdies, įskaitant grafito klojinį, išmontavimo techniniai sprendimai turi sumažinti galimą darbuotojų apšvitą ir radionuklidų sklaidą iš reaktoriaus konstrukcijų į aplinką.

Žinomas išmontavimas rankiniu būdu oro aplinkoje. Ši technologija buvo panaudota išmontuojant GLEEP eksperimentinį branduolinį reaktorių ir yra aprašyta straipsnyje - Potter D.J., Jarvis R.B., Banford A.W., Cordingley L., and M. Grave, Selection of Retrieval Techniques for Irradiated Graphite during Reactor Decommissioning - 11587. WM2011 Conference, February 27 - March 3, 2011, Phoenix, AZ.

<http://www.wmsym.org/archives/2011/papers/11587.pdf/>, peržiūrėta 2015-06-17.

Šis išmontavimo būdas netinka, kai reaktoriaus apšvita yra didelė, nes šiuo atveju nėra jokio reaktoriaus konstrukcijų jonizuojančiosios spinduliuotės ekranavimo.

Žinomas išmontavimas ore pakeičiant reaktoriaus viršaus biologinę apsaugą ekranuojančia platforma ir naudojant nuotolinio valdymo sistemą paimti ir iškelti atskirą grafito klojinio detalę. Ši technologija panaudota išmontuojant WAGR energetinį branduolinį reaktorių ir yra aprašyta straipsnyje - Halliwell C. The Windscale Advanced Gas Cooled Reactor (WAGR) Decommissioning Project A Close Out Report for WAGR Decommissioning Campaigns 1 to 10 - 12474. WM2012 Conference, February 26 - March 1, 2012, Phoenix, Arizona, USA.

<http://www.wmsym.org/archives/2012/papers/12474.pdf/>, peržiūrėta 2015-06-17.

Šis išmontavimo būdas reikalauja sudėtingų nuotolinio valdymo sistemos manipuliatorių, kad būtų galima iškelti iš reaktoriaus įvairiame aukštyje nuo reaktoriaus dugno esančius grafito klojinio blokus, didesnio nuotolinio valdymo

sistemos manipuliatorių atsparumo jonizuojančiajai spinduliuotei, nes reaktoriaus konstrukcijų jonizuojančioji spinduliuotė manipuliatorių veikimo zonoje nėra ekranuojama, reikalinga papildoma ventiliacijos sistema orui, užterštam radioaktyviosiomis aerozolio dalelėmis, šalinti, taip pat reikalinga papildoma įranga pašalinti iš reaktoriaus suskilusius arba labai trapius grafito blokus.

Žinomas išmontavimas ore išmontuojant nedidelę dalį reaktoriaus viršaus biologinės apsaugos ir naudojant robotą arba robotą ir nuotolinio valdymo sistemą pašalinti iš reaktoriaus grafitą. Ši technologija aprašyta pranešime – Павлюк А.О. Технические решения и опыт АО «ОДЦ УГР» по обращению с облученным графитом при выводе из эксплуатации. Международный общественный форум-диалог и выставка «АтомЭко 2017», Москва, 21-22 Ноябрь, 2017.

http://www.atomeco.org/mediafiles/u/files/2017/materials/06_ATOMEKO_Pavlyk_A.O.pdf, peržiūrėta 2018-09-04.

Šis išmontavimo būdas reikalauja sudėtingų nuotolinio valdymo sistemos manipuliatorių, kad būtų galima iškelti iš reaktoriaus įvairiame aukštyje nuo reaktoriaus dugno esančius grafito klojinio blokus, didesnio nuotolinio valdymo sistemos manipuliatorių ir robotų atsparumo jonizuojančiajai spinduliuotei, nes reaktoriaus konstrukcijų jonizuojančioji spinduliuotė manipuliatorių ir robotų veikimo zonoje nėra ekranuojama, reikalinga papildoma ventiliacijos sistema orui, užterštam radioaktyviosiomis aerozolio dalelėmis, šalinti, taip pat reikalinga papildoma įranga pašalinti iš reaktoriaus suskilusius arba labai trapius grafito blokus.

Artimiausias analogas pagal techninį sprendimą yra Fort St. Vrain atominės elektrinės aukštatemperatūrio dujomis aušinamo branduolinio reaktoriaus grafito šerdies išmontavimo būdas, užpilant išmontuojamą grafito šerdį vandeniu tam, kad apsaugotų darbuotojus nuo jonizuojančiosios spinduliuotės. Darbo metu buvo vykdoma vandens cirkuliacija, o vanduo buvo filtruojamas ir apdorojamas. Po vandeniu naudojant nuotolinio valdymo sudėtingos konstrukcijos manipulatorius buvo paimami ir iškeliama atskiri grafito blokai ir detalės perduodant ir patalpinant juos į tam skirtus konteinerius. Ši technologija aprašyta straipsnyje - Fisher, M. (1998). Fort St. Vrain decommissioning project (IAEA- TECDOC--1043). International Atomic Energy Agency.

<https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/Public/29/059/29059907.pdf>,

peržiūrėta 2012-02-21.

Šis išmontavimo būdas reikalauja sudėtingų nuotolinio valdymo sistemos manipuliatorių, kad būtų galima iškelti iš reaktoriaus įvairiame aukštyje nuo reaktoriaus dugno esančius grafito klojinio blokus, didesnio nuotolinio valdymo sistemos manipulatoriaus atsparumo jonizuojančiajai spinduliuotei, nes manipulatoriaus veikimo zonoje reaktoriaus konstrukcijų jonizuojančioji spinduliuotė yra mažiau ekranuojama, reikalauja manipulatoriaus didesnio atsparumo drėgmei dėl to, kad manipulatoriaus veiksmai atliekami ne tik ore, bet ir vandenyje, taip pat reikalinga papildoma įranga pašalinti iš reaktoriaus suskilusius arba labai trapius grafito blokus.

Sprendžiama techninė problema

Išradimu siekiama supaprastinti labai apšvitinto grafito klojinio išmontavimo technologiją ir tam skirtą įrangą, o tuo pačiu prailginti įrangos tarnavimo laiką bei atpiginti šį procesą.

Išradimo esmės atskleidimas

Uždavinio sprendimo esmė pagal pasiūlytą išradimą yra ta, kad branduolinio reaktoriaus grafito klojinio išmontavimo būde, apimančiame reaktoriaus ertmėje esančio grafito klojinio užtvindymą skysčiu, po to nuoseklų, einant nuo viršaus, klojinio blokų ir jo kitų grafito detalių iškėlimą ir valdomu manipulatoriumi perdavimą į tam skirtą vietą už reaktoriaus ribų, grafito klojiniiui iškelti jį užtvindo skysčiu, kurio tankis yra didesnis už reaktoriaus grafito tankį, o šio skysčio į reaktoriaus ertmę įpila tiek, kad grafito klojinys, veikiamas Archimedo jėgos, iškiltų tiek, kad jo viršutiniai blokai plūduriuotų reaktoriaus ertmės viršuje, po to viršuje plūduriuojančius grafito blokus, jų dalis ir kitas grafito detales valdomu manipulatoriumi perduoda į tam skirtą vietą už reaktoriaus ribų, o reaktoriaus ertmę papildo tokiu kiekiu minėto skysčio, kurio tankis yra didesnis už reaktoriaus grafito tankį, kad būtų kompensuotas jau iškelto grafito tūris, o grafito klojinio žemiau esantys viršutiniai blokai pakiltų ir vėl plūduriuotų reaktoriaus ertmės viršuje, kurie analogiškai bus perduoti į minėtą tam skirtą vietą už reaktoriaus ribų, aprašytus veiksmus kartoja tol, kol bus iškelti ir perduoti visi grafito klojinio blokai ir jo plūduriuojančios kitos dalys.

Skystis, naudojamas reaktoriaus grafito klojiniiui užtvindyti reaktoriaus ertmėje, yra druskų vandeninis tirpalas.

Druskų vandeninis tirpalas gali būti pagamintas iš druskų tokių kaip CsCOOH arba ZnCl_2 , arba $\text{CaBr}_2/\text{CaCl}_2$.

Prieš grafito klojinio išmontavimą, išmontuoja reaktoriaus viršaus biologinę apsaugą, o prieš išmontuojant reaktoriaus viršaus biologinę apsaugą, reaktoriaus ertmę užpildo tokiu kiekiu minėto skysčio, kad grafito blokų viršutinis lygis reaktoriuje būtų ties minėtos biologinės apsaugos apatiniu lygiu.

Po reaktoriaus viršaus biologinės apsaugos išmontavimo padidėjusią reaktoriaus ertmę, papildo minėtu skysčiu iki tokio didžiausio lygio, kad pakilus grafito klojinui minėtas skystis neišsiliėtų iš reaktoriaus ertmės.

Einamuoju metu esantys visi grafito klojinio viršutiniai blokai ir jo plūduriuojančios kitos dalys pakeliamos iki to paties lygio reaktoriaus ertmės viršuje, iš kurio vykdomas perdavimas į tam skirtą vietą už reaktoriaus ribų.

Grafito klojinys, prieš jį užtvindant, gali būti sutvirtinamas įleidžiant į jame esamus kanalus tam tinkamas išmontavimo kreipiamąsias konstrukcijas.

Išmontavimo kreipiamosios konstrukcijos gali būti parinktos iš anksčiau naudotos reaktoriuje kanalų įrangos ar specialių strypų, kurių slydimo trintis su grafito blokais yra tiek maža, kad panardinus grafito blokus į skystį jie galėtų veikiami Archimedo jėgos neatliekant papildomų veiksmų slinkti šiomis išmontavimo konstrukcijomis.

Išradimo naudingumas

Pagal išradimą pasiūlytas branduolinio reaktoriaus grafito klojinio išmontavimo būdas, kai grafito detalės iškeliamos panaudojant jų plūdumo savybę užpildžius reaktoriaus ertmę skysčiu, kurio tankis yra didesnis už reaktoriaus grafito detalių tankį ir dėl to žymiai supaprastėja išmontavimo technologija ir tam skirta įranga.

Be to, dėl didelės jonizuojančiosios spinduliuotės sugerties didelio tankio skystyje žymiai sumažėja reaktoriaus konstrukcijų nulemta jonizuojančiosios spinduliuotės dozės galia erdvėje virš grafito klojinio ir gretimose patalpose biologinės apsaugos ir grafito klojinio išmontavimo metu. Skysčiu užpildžius reaktoriaus ertmę grafito klojinio išmontavimo metu reikšmingai sumažinamas radioaktyviųjų aerozolio dalelių susidarymas ir taip reikšmingai sumažinamas gretimų

patalpų oro užterštumas radioaktyviosiomis aerozolio dalelėmis. Visa tai žymiai sumažina technologinio proceso ir tam reikalingos įrangos kainą.

Išradimas detaliau paaiškinamas brėžiniais, kurie neapriboja išradimo apimtį ir kuriuose pavaizduota:

Fig. 1 - branduolinis reaktorius su jame sumontuotu grafito klotiniu;

Fig. 2 - branduolinio grafitinio reaktoriaus klotinio išmontavimo įranga.

Išradimo realizavimo pavyzdys

Šalia branduolinio reaktoriaus 1, kuriame sumontuotas apšvitintas grafito klotinys 2, įrengia saugojimo rezervuarą 3 su įtaisyta pumpavimo sistema. Rezervuaras 3 skirtas skysčiui 4, kurio tankis didesnis už reaktoriaus grafito 2 tankį, pavyzdžiui CsCOOH vandeninis tirpalas, kurio tankis yra tarp 1800 kg/m^3 ir 2500 kg/m^3 , saugoti, o pumpavimo sistema skirta skysčiui 4 pumpuoti į reaktoriaus 1 ertmę ir iš jos. Šalia reaktoriaus 1 taip pat numatytas konteineris 5, skirtas pašalintiems grafito klotinio 2 blokams ir jo dalims talpinti. Konteineris aprūpintas minėtų grafito klotinio detalių šalinimo sistema.

Branduolinio grafitinio reaktoriaus klotinio išmontavimo būdas apima šią veiksmų seką:

Jeigu reikia, sutvirtina grafito klotinį 2 įleidžiant į jame esamus kanalus tam tikslui tinkamas išmontavimo kreipiamąsias konstrukcijas, pavyzdžiui, anksčiau naudotą reaktoriuje kanalų įrangą arba specialius strypus, kurių slydimo trintis su grafito blokais yra tiek maža, kad panardinus grafito blokus į skystį jie galėtų veikiami Archimedo jėgos neatliekant papildomų veiksmų slinkti šiomis išmontavimo konstrukcijomis;

Iš rezervuaro 3 pumpavimo sistema užpildo reaktoriaus 1 ertmę tokiu kiekiu skysčio 4, kad grafito blokų viršutinis lygis būtų ties reaktoriaus viršaus biologinės apsaugos apatiniu lygiu; Visiškai arba dalinai išmontuoja branduolinio reaktoriaus viršaus biologinę apsaugą;

Iš rezervuaro 3 pumpavimo sistema papildoma reaktoriaus 1 ertmę tokiu kiekiu skysčio 4, kad jis užpildytų po reaktoriaus viršaus biologinės apsaugos išmontavimo padidėjusią reaktoriaus ertmę iki tokio didžiausio lygio, kad skystis neišsiliėtų iš padidėjusios reaktoriaus ertmės ir, kad grafito klotinio viršutiniai blokai veikiami

Archimedo jėgos iškiltų ir plūduriuotų ties reaktoriaus 1 ertmės viršumi. Plūduriuojantys grafito blokai ir detalės iš reaktoriaus 1 ertmės, pavyzdžiui, manipulatoriumi perkeliama už reaktoriaus ribų, pavyzdžiui, į šalia reaktoriaus esantį konteinerį 5. Reaktoriaus 1 ertmė papildoma tokiu kiekiu skysčio 4, kad būtų kompensuotas jau išmontuotų ir iškeltų grafito klojinio blokų ir jo detalių tūris tam, kad grafito klojinio žemiau esantys viršutiniai blokai plūduriuotų reaktoriaus ertmės viršuje tame pačiame lygyje, kaip plūduriavo prieš tai iškeltieji blokai. Einamuoju laiku plūduriuojantys viršutiniai grafito blokai ir jų detalės perkeliama iš reaktoriaus 1 to paties viršutinio lygio į vietą už reaktoriaus ribų, pavyzdžiui, į konteinerį 5. Aprašyti veiksmai kartojami tol, kol visi grafito klojinio blokai ir detalės išimamos iš reaktoriaus 1 ertmės;

Išėmus visas minėto grafito klojinio detales ištraukiamos iš reaktoriaus išmontavimo kreipiamosios konstrukcijos, jeigu jos buvo naudotos. Po to iš reaktoriaus 1 ertmės išpumpuojamas visas skystis ir pašalinamos klojinio išmontavimo metu susidariusios antrinės radioaktyviosios atliekos.

Išradimo apibrėžtis

1. Branduolinio reaktoriaus grafito klojinio išmontavimo būdas, apimantis reaktoriaus ertmėje esančio grafito klojinio užtvindymą skysčiu, po to nuoseklų, einant nuo viršaus, klojinio blokų ir jo kitų grafito detalių iškėlimą ir valdomu manipulatoriumi perdavimą į tam skirtą vietą už reaktoriaus ribų, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad grafito klojiniui iškelti jį užtvindo skysčiu, kurio tankis yra didesnis už reaktoriaus grafito tankį, o šio skysčio į reaktoriaus ertmę įpila tiek, kad grafito klojinys, veikiamas Archimedo jėgos, iškiltų tiek, kad jo viršutiniai blokai plūduriuotų reaktoriaus ertmės viršuje, po to reaktoriaus ertmės viršuje plūduriuojančius grafito blokus, jų dalis ir kitas grafito detales valdomu manipulatoriumi perduoda į tam skirtą vietą už reaktoriaus ribų, o reaktoriaus ertmę papildo tokiu kiekiu minėto skysčio, kurio tankis yra didesnis už reaktoriaus grafito tankį, kad būtų kompensuotas jau iškelto grafito tūris, o grafito klojinio žemiau esantys viršutiniai blokai vėl plūduriuotų reaktoriaus ertmės viršuje, kurie analogiškai bus perduoti į minėtą tam skirtą vietą už reaktoriaus ribų, aprašytus veiksmus kartoja tol, kol bus iškelti ir perduoti visi grafito klojinio blokai ir jo plūduriuojančios kitos dalys.

2. Būdas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad naudojamas skystis reaktoriaus grafito klojiniui užtvindyti reaktoriaus ertmėje yra druskų vandeninis tirpalas.

3. Būdas pagal 2 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad druskų vandeninis tirpalas gali būti pagamintas iš druskų tokių kaip CsCOOH arba ZnCl_2 , arba $\text{CaBr}_2/\text{CaCl}_2$.

4. Būdas pagal bet kurį iš 1-3 punktų, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad prieš grafito klojinio išmontavimą, išmontuoja reaktoriaus viršaus biologinę apsaugą, o prieš išmontuojant reaktoriaus viršaus biologinę apsaugą, reaktoriaus ertmę užpildo tokiu kiekiu minėto skysčio, kad grafito blokų viršutinis lygis reaktoriaus ertmėje būtų ties minėtos biologinės apsaugos apatiniu lygiu.

5. Būdas pagal bet kurį iš 1-4 punktų, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad po reaktoriaus viršaus biologinės apsaugos išmontavimo padidėjusią reaktoriaus ertmę papildo minėtu skysčiu iki tokio didžiausio lygio, kad pakilus grafito klojiniui skystis neišsiliėtų iš reaktoriaus ertmės.

6. Būdas pagal bet kurį iš 1-5 punktų, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad

einamuoju metu esantys visi grafito klojinio viršutiniai blokai ir jo plūduriuojančios kitos dalys pakeliamos iki to paties lygio reaktoriaus ertmės viršuje, iš kurio vykdomas perdavimas į tam skirtą vietą už reaktoriaus ribų.

7. Būdas pagal bet kurį iš 1-6 punktų, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad grafito klojinys, prieš jį užtvindant, gali būti sutvirtinamas įleidžiant į jame esamus kanalus tam tinkamas išmontavimo kreipiamąsias konstrukcijas.

8. Būdas pagal 7 punktą b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad išmontavimo kreipiamosios konstrukcijos gali būti parinktos iš ankščiau naudotos reaktoriuje kanalų įrangos ar specialių strypų, kurių slydimo trintis su grafito blokais yra tiek maža, kad panardinus grafito blokus į skystį jie galėtų veikiami Archimedo jėgos neatliekant papildomų veiksmų slinkti šiomis išmontavimo konstrukcijomis.

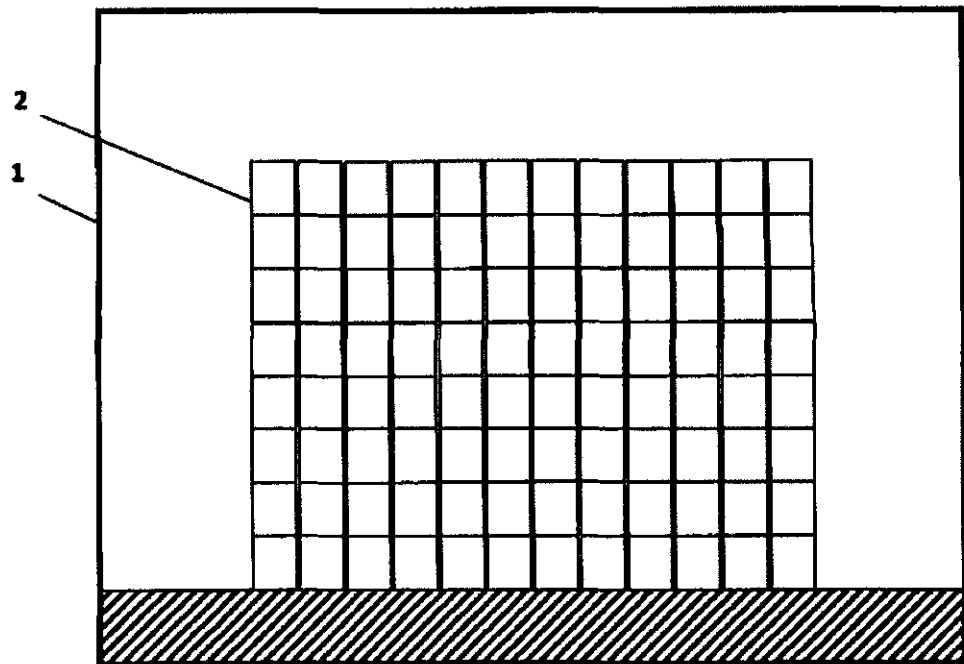


Fig.1

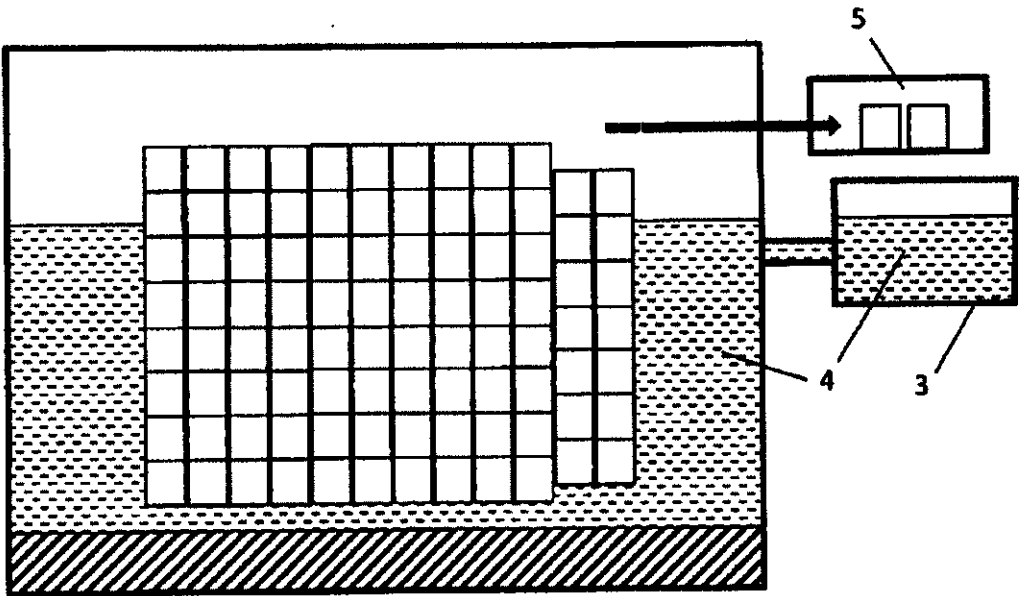


Fig.2