

(11) Patent numeris: **6802** (51) Int. Cl. (2021.01): **B05B 1/00**

(21) Paraiškos numeris: **2019 037**

(22) Paraiškos padavimo data: **2019-06-25**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2021-01-11**

(45) Patent paskelbimo data: **2021-02-25**

(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:

Rimantas PAKAMANIS, LT
Aleksandr KHINSKII, LT
Paulius LUČINSKAS, LT
Nerijus LAURINAITIS, LT

(73) Patent savininkas:

Rimantas PAKAMANIS, Tolivardžių g. 1, 47297 Kaunas, LT

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

**Aurelija ŠIDLIAUSKIENĖ, Dr. V. Šidlauskas ir partneriai, UAB, K. Būgos g. 29,
LT-44326 Kaunas, LT**

(54) Pavadinimas:

Kavitatorius ir jo gamybos būdas

(57) Referatas:

Išradimo tikslas - kavitatoriaus našumo padidinimas, formuojant kavitacinį procesą sukeliančių elementų paviršių nanostruktūrinę dangą ir tokiu būdu didinant kavitacijos proceso intensyvumą. Patentuojamame aukšto našumo kavitatoriuje, susidedančiame iš konfuzoriaus, difuzoriaus, tūtos sukurius sukeliančių elementų, aptako, įtekėjimo ir ištekėjimo antvamzdžių, ant sukurius sukeliančių elementų yra suformuota nanostruktūrinė danga, kuri užtikrina didelį kavitacijos proceso intensyvumą. Būdo naujumas yra tai, kad nanostruktūrinė danga formuojama ant kavitatoriaus sukurius sukeliančių elementų, o ją sudaro didelis kiekis monokristalinių iškyšų, kurių matmenys yra 0,1-9 mikronai, sudarančių vienalytę sukurius sukeliančių elementų dangą, turinčią aukštą adheziją su pagrindu. Nanostruktūrinė danga formuojama plazminio dengimo metodu užneštą aliuminį, esant 210 V, 150 A elektriniams dengimo parametrams, apdorojant hidrotermiškai, esant temperatūrai 140-220 laipsnių Celsijaus ir darbiniam slėgiui 12-24 barų režiuose. Tokiu būdu suteikiant sukurius sukeliančių elementų paviršiui nano lygmens morfologiją, didinama per įrangą (kavitatorių) pratekančių skysčių sąveika su paviršiniais dariniais (monokristalais) ir kavitatoriaus našumas.

Išradimo sritis

Vandens regeneracijos problema, pašalinant kenksmingą taršą ir gerinant jo kokybę, tampa vis aktualesnė šiandieniniame pasaulyje. Toliau aprašoma vandens apdorojimo įranga ir trijų stadijų vandens apdorojimo metodas, užtikrinant jo išvalymą nuo biologinių teršalų ir pagerinant jo kokybę. Šis išradimas gali būti taikomas chemijos, medicinos, pramonės ir kt. srityse, tai pat vandens valymui nuo biologinių teršalų praktiškai visose vietovėse, kadangi įranga yra mobili.

Technikos lygio aprašymas

Žinomas skysčio apdorojimo metodas, inicijuojant kavitacijos procesą inde, veikiant jį besisukančiu elektromagnetiniu lauku, kurį sukuria elektrinis variklis su disku, pritvirtintu ant jo veleno, ir patalpintu virš skysčio paviršiaus (patentas RU 2171232).

Tačiau šio metodo našumas bei skysčio kavitacijos aktyvavimo proceso efektyvumas yra žemas.

Yra žinomas vandens ar tirpalo apdorojimo būdas, įvertinant fizinių veiksnių poveikį vandeniui (patentas RU 2151742).

Šio metodo trūkumai: žemas kavitacijos aktyvinimo proceso našumas ir efektyvumas dėl konstruktyvinių ir technologinių trūkumų, išskylančių dėl neatsižvelgimo į bekontaktės aktyvacijos proceso ypatumus.

Yra žinomas medžiagų ultragarsinio apdorojimo metodas ir įrenginys (SU 561576), pagal kurį darbo aplinkoje sukurama kavitacijos zona, o apdorojimas tampriaisiais virpesiais atliekamas ultragarso dažniu ir vykdomas 2 valandų laikotarpyje. Tam, kad realizuoti šį metodą, naudojamas įtaisas, kuriame darbo kanalas ir tampriųjų virpesių šaltinis yra sukomponuoti kaip vieninga visuma ir yra pagaminti žiedinio magnetostrikcinio keitiklio pagrindu, kuris sukuria kavitacijos zoną skystoje darbinėje terpėje.

Pagrindinis šio įrenginio trūkumas yra jo ribotas naudojimas įvairiuose technologiniuose procesuose dėl žemo generuojamų virpesių intensyvumo. Kavitacijos virpesių lygis nėra pakankamai aukštas ir prietaisas neužtikrina didelio klampumo terpės patikimo suardymo.

Žinomas hidrodinaminis kavitacijos reaktorius (patentas RU 2091157),

turintis nuosekliai išdėstytą konfuzorių ir kanalą, kuriame kavitatoriai yra įrengti tam tikru atstumu vienas nuo kito, o srauto kameros ertmė yra realizuota skyrių pavidalu, kurių plotis kavitatoriaus montavimo zonoje nuosekliai didėja tolėjimo nuo konfuzoriaus kryptimi, o kiekvieno skyriaus skerspjūvio plotas yra didesnis už ankstesnio skyriaus skerspjūvio plotą 1,05-1,45 karto.

Šio įrenginio trūkumams priskiriami: gamybos sudėtingumas, didelės metalo sąnaudos ir nepakankamas kavitacijos efektas efektyviam realizavimui.

Artimiausias įrenginys, priimtas prototipu žinomas kavitatorius (patentas RU 2516638), turintis konfuzorių, difuzorių, tūtą, sūkurius sukeliančius elementus, aptaką, įleidimo ir išleidimo antvamzdžius, kuriame sūkurinis elementas yra sudarytas iš periferiškai išdėstytų siaurėjančių spiralinių kanalų, išeinančių į tūtą, kiekvieno kanalo skerspjūvio forma yra helikoidas, kurio mažosios ir didžiosios ašių santykis lygus $0,47...0,75$, o jo vidus tolygiai siaurėja išilgai kanalų ilgio, kurie tuo pačiu metu yra susukti su vijų skaičiumi nuo 1,5 iki 2,5 aplink kūginį paviršių spiralių, susiliečiančių kūgio viršuje, pavidalu su pasukimo kampų, kuris didėja, siaurėjant kanalams, kanalai turi pagrindinę vidinę iškyšą, kurios forma realizuota kaip antrosios eilės geometrinių paviršių nuo siaurojo helikoido galo, ir papildomas vidinės tolygias iškyšas, esančias bukajame helikoido gale, helikoidai kartu su pagrindinėmis ir papildomomis vidinėmis iškyšomis yra susukti aplink savo išilgines ašis $0,9...1,3$ žingsniu nuo didžiausios helikoido ašies kryptimi, kuri yra priešinga helikoido kanalų susisukimo aplink kūginį paviršių kryptį.

Šio įrenginio trūkumas - sūkurius sukeliančių elementų paviršius, kuris įtakoja kavitacijos proceso efektyvumą ir galėtų būti modifikuojamas, siekiant proceso efektyvumą padidinti proporcingai paviršiaus iškyšų formai ir skaičiui ploto vienetu.

Trumpas išradimo aprašymas

Išradimo tikslas - našumo padidinimas formuojant kavitacinį procesą sukeliančių elementų paviršių nanostruktūrinę dangą ir tokiu būdu didinant kavitacijos proceso intensyvumą (kavitacinių burbuliukų kiekį sūkurius sukeliančių elementų ploto vienetu).

Patentuojamame kavitatoriuje, susidedančiame iš konfuzoriaus, difuzoriaus, tūtos, sūkurius sukeliančių elementų, aptako, įtekėjimo ir ištekėjimo antvamzdžių, ant sūkurius sukeliančių elementų yra suformuota nanostruktūrinė danga, kurios

struktūra užtikrina pakankamai didelį kavitacinių burbuliukų kiekį. Būdo naujumas yra tai, kad nanostruktūrinę dangą formuoja ant kavitatoriaus sukurius sukeliančių elementų, o ją sudaro didelis kiekis monokristalinių iškyšų, kurių matmenys yra 0,1-9 mikronai, sudarančių vienalytę sukurius sukeliančių elementų dangą, turinčią aukštą adheziją su pagrindu. Nanodangą formuoja ant sukurius sukeliančių elementų dviem etapais: nusodinant aliuminį plazminio purškimo—metodu, tokiu būdu formuojant 20-50 mikronų storio dangą, naudojant orą kaip plazmą sudarančias dujas, esant 210 V, 150A elektriniams parametrams ir tolesniu hidroterminiu apdorojimu, esant 140-220 laipsnių Celsijaus temperatūrai ir 12-24 barų darbiniam slėgiui. Išradimo esmė - kavitacijos proceso intensyvumo didinimas, suteikiant sukurius sukeliančių elementų paviršiui nano lygmens morfologiją, ir tokiu būdu didinant per įrangą (kavitatorių) pratekančių skysčių sąveiką su paviršiniais dariniais (monokristalais), kas tiesiogiai įtakoja kavitacinių burbuliukų susidarymą.

Brėžiniu aprašymas

Pav. 1 yra pavaizduota siūlomo kavitatoriaus schema;

Pav. 2 - dangų formavimo plazminiu užpurškimu įranga ir metodas: plazmotronas (8), inžektorius (9), plazmos srautas (10), plazminio užpurškimo metodu formuojama danga aliuminio pagrindu (11), sukurius sukeliančio elemento paviršius (12);

Pav. 3 - suformuota danga, sudaryta iš specialiai orientuotų monokristalų.

Detalus išradimo aprašymas

Kavitatorių sudaro: konfuzorius (1), difuzorius (2), tūta (3), sukurius sukeliančios elementai su suformuota paviršine nanodanga (4), aptakas (5), įtekėjimo antvamzdis (6), ištekėjimo antvamzdis (7).

Kavitatoriaus veikimas: vanduo (ar kitos skystosios medžiagos), per įtekėjimo antvamzdį patenka į konfuzorių (1) ir tūtą (3) ir šiuo metu yra suslegiamas. Vėliau vanduo ar kitos skystosios medžiagos prateka pro difuzorių (2), ir aptaką (5), vyksta skysčių išsiplėtimas ir didėja slėgis. Pratekant pro sukurius sukeliančius elementus su paviršine nanodanga (4), skystoji terpė yra „įsukama“ ir dėl slėgio ir jo sąlygojamos trinties paviršinės nanodangos su specialiai orientuotais monokristalais paviršiuje inicijuojamas intensyvus kavitacijos procesas. Vėliau skystis išteka per išleidimo antvamzdį.

Vandens aktyvavimas atliekamas praleidžiant jo srautą pro dinامينius ir (arba) statinius įtaisus, užtikrinančius kavitacijos proceso, vykstančio įrenginio aktyvaus elemento paviršiaus vietose, kur srautas liečiasi su įvairiomis iškyšomis (aktyvatoriais), panaudojimą.

Formavimo zonoje hidrostatinis slėgis smarkiai sumažėja tiek, kad jėgos, veikiančios skysčio molekules, viršija molekulinę ryšių jėgas. Dėl staigaus hidrostatinės pusiausvyros pokyčio skystis tarsi „susprogsta“, sukeldamas gausų kiekį burbuliukų.

Kavitacija labai priklauso nuo to, ar vandenyje yra ištirpusių dujų, kietųjų medžiagų ir kitų svetimkūnių, tokių kaip bakterijos, taip pat nuo alyvuojančio komponento - „kavitatoriaus“ formos, jo paviršiaus būklės ir ypač mikrostruktūros.

Bakterinė flora, esanti apdorojamame skystyje, taip pat atlieka kavitacijos burbuliukų susidarymo centrų funkcijas. Skysčiui patekus į sumažinto slėgio zoną, jis tarsi „užverda“, o bakterijų, esančių kavitacijos burbuliuko centre ar šalia jo (veikiant slėgiui, susidarantiems bakterijų viduje ir aplinkinėje erdvėje), ląstelių membrana visiškai arba dalinai sunaikinama. Antroji kavitacijos burbuliuko egzistavimo fazė yra „subliūškimas“ (kondensacija). Hidrodinaminės kavitacijos proceso sąlygomis, esant dideliems srauto greičiams, dauguma kavitacijos burbuliukų yra deformuoti ir turi elipsės arba kūgio formą. Kavitacinio burbuliuko sienelės ir jo viduje esančio skysčio lašai yra priešingų krūvių. Burbuliukus suspaudus, jų dydžiai smarkiai sumažėja ir krūviai atsiranda ant burbuliukų, kurių matmenys labai maži, paviršiaus. Dėl staigaus kavitacinių burbuliukų paviršiaus sumažėjimo staigiai padidėja statinė elektros įtampa. Tarp kavitacinių burbuliukų sienelių ir jų viduje esančių lašelių vyksta elektros iškrovos.

Šie aukštos įtampos elektros išlydžiai taip pat turi pražūtingą poveikį bakterijoms. Aukštos temperatūros ir slėgiai, atsirandantys kavitacinių burbuliukų išnykimo vietose, o taip pat statiniai elektros išlydžiai prisideda prie vandens skilimo ir hidroksilo grupių susidarymo, kurios atsiranda ant kavitacinių burbuliukų apvalkalų ir, pastarųjų kondensacijos metu, formuoja vandenilio peroksidą. Kavitacijos atsiradimą bakterijų, apsuptų adsorbuoto oro, paviršiuje lydi laisvųjų radikalų susidarymas, o taip pat galutinių jų rekombinacijos produktų susidarymas.

Vandenilio peroksido ir laisvųjų radikalų susidarymas taip pat turi pražūtingą

poveikį apdoroto skysčio bakterinei florai.

Proceso esmė yra ta, kad sraute, prie tam tikrų sąlygų, netoli lokalaus aktyvatoriaus srauto tolygumas nutrūksta, susidarant burbuliukui su dideliu vakuumu. Vandens garai kartu su vandenyje esančiomis dujomis (tai dažniausiai yra oro komponentai, pvz., deguonis, azotas, vandenilis ir pan.), įsiveržia į burbuliuko su išskirtinai aukštu vakuumu, vidų. Po to burbuliuke įvyksta plazmos išlydis, kuris sukelia viduje esančių dujų ir vandens garų jonizaciją. Tada burbuliukas suplyšta, o jonizuotų dujų komponentai ištirpsta vandens sraute. Suminė proceso trukmė atskiram burbuliukui trunka milisekundes, kas užtikrina labai aukštą kavitacijos greitį. Kavitacijos proceso intensyvumas yra proporcingas aktyvatoriaus paviršiuje vykstančių elementarių aktų skaičiui, todėl paviršiaus iškyšų struktūros smulkinimas lemia ženklų kavitacijos procesų intensyvumo padidėjimą.

Tolesnis vandens, prisotinto jonizuotais vandens garų komponentais (būtent H^+ ir OH^-) ir jonizuotais dujų komponentais, apdorojimas vyksta savaime ir apima pirminę hidratacijos stadiją, kurios metu vandenyje ištirpinti jonai susijungia į sudėtingus elektriškai subalansuotus arba nesubalansuotus sudėtingai asocijuotus kompleksus. Šie kompleksai, paprastai vadinami „laisvaisiais radikalais“, sąveikauja su biologiškai aktyviomis vandens dalelėmis, sukeldami jų blokavimą ir sunaikinimą. Hidratuotų kompleksų sąveikos su biologiškai aktyviais vandens komponentais laiką lemia poreikis juos visiškai sunaikinti ir paprastai svyruoja nuo kelių milisekundžių iki kelių minučių. Akivaizdu, kad daugeliu atvejų, visiškai dezaktyvavus biologiškai aktyvius komponentus, vandenyje yra tam tikras likutinis kiekis „laisvųjų radikalų“. Tam, kad juos pašalinti ir dezaktyvuoti, atliekama speciali vandens apdorojimo procedūra naudojant statinius elektrinius ir magnetinius laukus.

Likutinių hidratuotų vandens komponentų - „laisvųjų radikalų“ dezaktyvavimas atliekamas elektrizuojant išorinį indo (pvz., vonelės, kanistro, butelio) paviršių statiniais elektriniais laukais, naudojant specialų srovės šaltinį. Teigiamas statinis krūvis, privestas į indo paviršių, sukelia perteklinių neigiamai įkrautų „laisvųjų radikalų“ pritraukimą nuo vidinio indo tūrio iki indo sienelių, kurių paviršiuje jie neutralizuojami.

Analizuojant aukščiau aprašytus vandens kokybės gerinimo metodus, inicijuojant hidrodinaminės kavitacijos procesą, galima daryti išvadą, kad efektyviam procesui būtina užtikrinti veiksmingą skysčio srauto sąveiką su natūraliomis ar

dirbtinėmis srauto kliūtėmis - tai užtikrina kavitacinių burbuliukų susidarymą kontakto taškuose.

Efektyvių sąveikos su srautu paviršių formavimui naudojami įvairūs įrenginiai, įmontuoti į įrengimo konstrukciją, pavyzdžiui, "sūkuriniai elementai", pagaminti siaurėjančių spiralinių kanalų pavidalu, kurie, savo ruožtu, yra realizuoti helikoidų, Venturi vamzdžių, Lavalio tūtos ir kt. forma, o kavitaciniai burbuliukai formuojasi ant šių sūkurinių elementų vidinių paviršių slėgio kritimo taškuose.

Todėl jų vidinis paviršius dažnai yra apdorojamas mechaniniu, pvz., šiurkštinimo, būdu, kad būtų sukurta makro-iškyšų, ant kurių susidaro kavitacijos burbuliukai, struktūra ir susidariusių burbuliukų skaičius yra proporcingas makro-iškyšų plotui.

Kavitacinių burbulų susidarymo intensyvumas, praeinant pro pasyvios kavitacijos schemos įtaisą, priklauso nuo daugelio veiksnių, bet labiausiai - nuo paviršiaus struktūros. Eksperimentiškai parodyta, kad įvairių tipų iškyšų egzistavimas stipriai stimuliuoja kavitacijos burbuliukų susidarymą. Kavitacijos įtaisų darbiniai paviršiai paprastai apdorojami įvairiais šiurkštinimo, rifliavimo ir cheminio apdorojimo metodais.

Pažymėtina, kad šie paviršinio modifikavimo metodai užtikrina iškyšų suformavimą makroskopiniu lygiu, paprastai kelių milimetrų ribose. Srauto ir paviršiaus sąveika makro- iškyšų atveju sukelia tam tikro kavitacinių burbuliukų skaičiaus susidarymą, tačiau jų skaičius smarkiai didėja, atliekant tolimesnį, tiek paviršiaus formos, tiek dydžio modifikavimą, (pereinant į nano-sritį).

Šiame išradime aprašoma įranga (kavitatorius), turinti konfuzorių (1), difuzorių (2), tūtą (3), sūkurius sukeliančius elementus (4), aptaką (5), įleidimo (6) ir išleidimo (7) antvamzdžius (žr. 1 pav.), besiskirianti tuo, kad sūkurius sukeliančių elementų paviršius yra dengiamas plazminio purškimo būdu (žr. 2 pav.), formuojant 20-50 mikronų storio dangą aliuminio pagrindu, kaip plazmą sudarančias dujas naudojant orą ir esant 210 V; 150 A elektriniams parametrų ir toliau modifikuojamas hidroterminiu metodu apdorojant garų fazėje, esant 140-220 laipsnių Celsijaus temperatūrai ir 12-24 barų darbiniam slėgiui.

Dėl to ant apdorojamo gaminio paviršiaus susidaro danga, sudaryta iš specialiai orientuotų atskirų monokristalų, kurių dydis svyruoja nuo 0,1 iki 9 mikronų

(žr. 3 pav.).Tokia struktūra užtikrina didžiulį nano burbuliukų kiekį, kadangi kiekvienas monokristalas (išskyša) tampa kavitacijos proceso vandenyje ar kitoje skystoje terpėje iniciatoriumi.

Į vandenį ar kitą skystą terpę apdorojamą pagal šį išradimą gali būti pridedami papildomi naudingų natūralių medžiagų priedai, užtikrinantys jo kokybės pagerinimą, transformuojant juos į ilgalaikes, aukšto efektyvumo medžiagas, turinčias ypatingą savybę giliai ir greitai absorbuotis žmogaus organizmo audiniuose.

Konkretus būdo įgyvendinimo pavyzdys

Išradimui patikrinti, buvo atliekamas eksperimentas. Metalinis nešėjas (sūkurius formuojantis elementas) buvo padengtas aliuminiu plazminio dengimo metodu tokiu būdu suformuojant 35 mikronų storio dangą. Plazminio dengimo parametrai proceso metu buvo $U = 210 \text{ V}$, $I = 150 \text{ A}$, plazmą sudarančios dujos - oras, oro temperatūra patalpoje - 18 laipsnių Celsijaus, oro drėgnumas - 56 proc. Po dengimo aliuminio danga sūkurius formuojantis elementas buvo patalpintas į termobaroklavo reaktorių, dalinai užpildytą distiliuotu vandeniu, reaktorius užsandarintas. Hidroterminis apdirbimas buvo atliekamas esant 170 laipsnių Celsijaus ir 17 barų darbiniam slėgiui. Proceso pabaigoje bandinys buvo išimtas iš reaktoriaus ir išdžiovintas kambario temperatūroje.

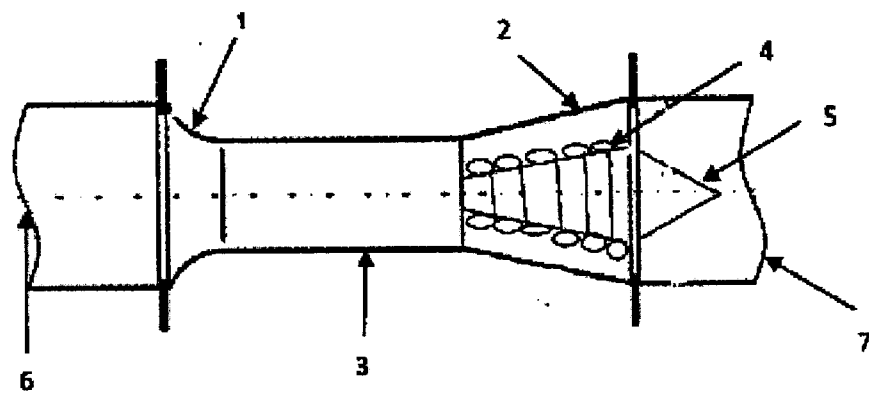
Buvo paimtas mėginys ir atlikta analizė, kuri parodė, jog aliuminio dangos paviršiuje tolygiai susiformavo 300-500 nanometrų dydžio monokristalai.

Išradimo apibrėžtis

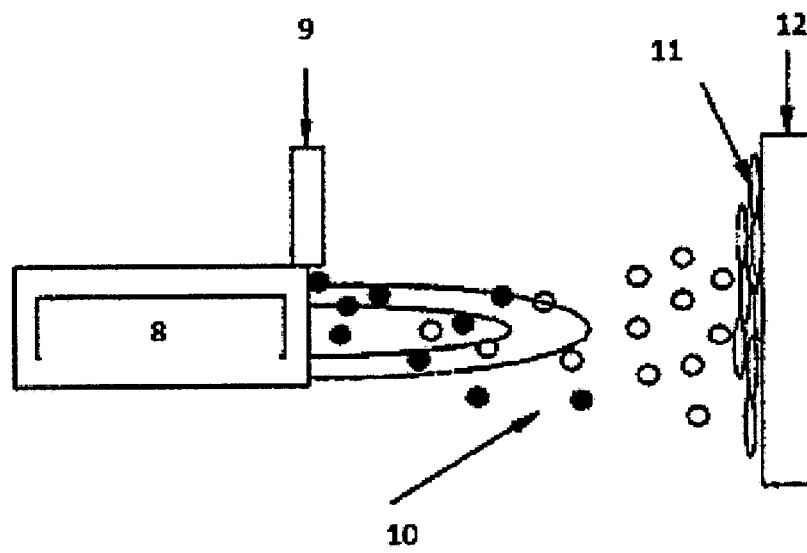
1. Kavitatorius, susidedantis iš konfuzoriaus, difuzoriaus, tūtos, sūkurius sukeliančių elementų, aptako, įtekėjimo ir ištekėjimo antvamzdžių, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad ant sūkurius sukeliančių elementų yra suformuota nanostruktūrinė danga, užtikrinanti pakankamai didelį kavitacinių burbuliukų kiekį.

2. Kavitatorius pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad nanostruktūrinę dangą sudaro didelis kiekis monokristalinių iškyšų, kurių matmenys yra 0,1-9 mikronai, sudarančių vienalytę sūkurius sukeliančių elementų dangą, turinčią aukštą adheziją su pagrindu.

3. Būdas pagal 1 ir 2 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad nanostruktūrinę dangą formuoja ant sūkurius sukeliančių elementų dviem etapais: užnešant aliuminį plazminiu purškimu, t.y. formuoja- dangą 20-50 mikronų storio ribose naudojant orą kaip plazmą sudarančias dujas, esant 210 V, 150 A elektriniams parametrams ir toliau naudojant hidroterminį apdorojimą, esant temperatūrai 140-220 laipsnių Celsijaus ir darbiniam slėgiui 12-24 barų režiuose.



1pav.



2pav.

LT 6802 B



3pav.