

C02F 1/36 (2006.01)

C02F 1/48 (2006.01)

H05H 1/24 (2006.01)

H05H 1/46 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKAÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

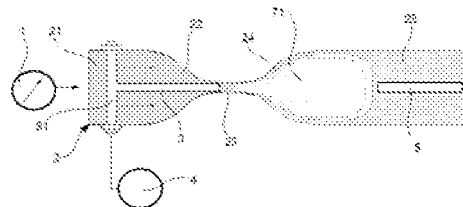
(21) Číslo přihlášky: 2019-772
(22) Přihlášeno: 13.12.2019
(40) Zveřejněno: 29.10.2020
(Věstník č. 44/2020)
(47) Uděleno: 16.09.2020
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: 29.10.2020
(Věstník č. 44/2020)

(56) Relevantní dokumenty:
US 2009071910 A1; JP 2016081676 A; JP 2014079743 A; CN 105461006 A; EP 3579666 A1; JP 2011041914 A.

(73) Majitel patentu:
Vysoké učení technické v Brně, Brno, Veverčí, CZ
Masarykova univerzita, Brno, Brno-město, CZ
Botanický ústav AV ČR, v.v.i., Průhonice, CZ

(72) Původce:
doc. Ing. Pavel Rudolf, Ph.D., Blansko, CZ
prof. Ing. František Pochylý, CSc., Brno,
Zabovřesky, CZ
doc. Mgr. Pavel Stáhel, Ph.D., Brno, Starý
Lískovec, CZ
doc. RNDr. Jozef Ráhel, Ph.D., Brno, Nový
Lískovec, CZ
Mgr. Jan Čech, Ph.D., Brno, Bohunice, CZ
prof. Ing. Blahoslav Maršálek, CSc., Brno, Chrlice,
CZ

(74) Zástupce:
Ing. Petr Soukup, tř. Svobody 43/39, 779 00
Olomouc



(54) Název vynálezu:
**Zařízení pro čištění kapalin a způsob čištění
kapalin s využitím tohoto zařízení**

(57) Anotace:
Zařízení pro čištění kapalin pomocí generování elektricky
buzeného výboje nízkoteplotního plazmatu v kapalném
prostředí, v němž je při proudění kapaliny možno
dosáhnout vzniku kavitace nebo superkavitace,
sestavající ze vzájemně sériově propojených regulátoru
(1) tlaku a kavitační trubice (2), která je tvořena
vzájemně na sebe navazujícími nátokovou komorou (21),
konfuzorem (22), pracovní komorou (23), difuzorem (24)
a výtokovou komorou (25), spočívá v tom, že jednak je v
nátokové komoře (21) v její podélné ose ve směru
proudění kapaliny ustavena buzená elektroda (3), která
svým volným koncem zasahuje do pracovní komory (23)
a ke které je elektricky vodič připojen vysokonapěťový
zdroj (4), přičemž buzená elektroda (3) je elektricky
odizolována od tělesa kavitační trubice (2), a jednak je ve
výtokové komoře (25) ustavena zemnicí elektroda (5),
která je v elektrickém kontaktu s kapalinou. Dále je
řešením způsob čištění kapalin pomocí tohoto zařízení.

Zařízení pro čištění kapalin a způsob čištění kapalin s využitím tohoto zařízeníOblast techniky

5

Vynález spadá do oblasti úpravy vody, zejména za účelem likvidace mikroorganismů, a týká se konstrukce zařízení pro čištění kapalin a způsobu čištění kapalin s využitím tohoto zařízení.

10 Dosavadní stav techniky

Problematika likvidace mikroorganismů využitím kavitace se speciálně tvarovanou tryskou a vstupním tělesem zvyšujícím účinek kavitace je řešena ve spise CZ 303197 B6, ve kterém se ovšem neuvažuje vliv nízkoteplotního plazmatu. V zařízení zde popsaném vzniká kavitace vlivem poklesu tlaku za zúženým průřezem s následným vznikem super kavitace provázené nepříliš rozsáhlou oblastí vodní páry.

Vyššího účinku se při likvidaci mikroorganismů dosahuje využitím plazmových technologií. Princip spočívá v tom, že do oblasti super kavitace jsou vloženy elektrody pod vysokým napětím. U všech dosud známých provedení jsou elektrody umístěny tak, že elektromagnetické pole má směr kolmo ke směru proudící kapaliny.

Je známá celá řada plazmových technologií používaných pro plazmovou úpravu tekutin, případně práškových materiálů dispergovaných v kapalině. Jedná se vesměs o výboje pracující za atmosférického tlaku. Výboje můžeme rozdělit do dvou skupin kde plazma buď je v přímém kontaktu s kapalinou nebo není. Jako příklad výbojů s přímým kontaktem kapaliny s plazmatem lze uvést například tryskové výboje hořící vůči hladině kapaliny nad nebo pod její hladinou popsané ve spise CZ 307098 B6, různé povrchové výboje na hladině kapaliny uvedené v dokumentech BRUGGEMAN, P.J., KUSHNER, M.J., LOCKE, B.R., et al., Plasma-liquid interactions: a review and roadmap, *Plasma Sources Science and Technology*, IOP Publishing, 2016, 25(5), 053002 a LUKEŠ, P., DOLEŽALOVÁ, E., SISROVÁ, I. a ČLUPEK, M., Aqueous-phase chemistry and bactericidal effects from an air discharge plasma in contact with water: evidence for the formation of peroxyxynitrite through a pseudo-second-order post-discharge reaction of H₂O₂ and HNO₂, *Plasma Sources Science and Technology*, IOP Publishing, 2014, 13(1), 015019, případně diafragmové výboje, jimž se věnuje publikace STARÁ, Z., KRČMA, F., NEJEZCHLEB, M. a SKALNÝ, J.D., Organic dye decomposition by DC diaphragm discharge in water: Effect of solution properties on dye removal, *Desalination*, 2009, 239(1-3), 283-294, dále výboje v bublinách generovaných prouděním plynu popsané v dokumentu PAWLAT, J., HENSEL, K. a IHARA, S., Generation of oxidants and removal of indigo blue by pulsed power in bubbling and foaming systems, *Czechoslovak Journal of Physics*, 2006, 56(Supplement 2), B1174–B1178, nebo ohřevem elektrickým proudem buzené výboje popsané v článku LOCKE, B.R., LUKEŠ, P. a BRISSET, J.-L., Elementary Chemical and Physical Phenomena in Electrical Discharge Plasma in Gas-Liquid Environments and in Liquids, *Plasma Chemistry and Catalysis in Gases and Liquids*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., 2012, 185-241. Do druhé skupiny, tedy skupiny výbojů bez přímého kontaktu s kapalinou, můžeme řadit výboje nad hladinou kapaliny, případně výboje v multifázových systémech kapalin, kde kapalina je dispergovaná do fáze aerosolu nebo páry a výboj hoří v tomto aerosolu, jak je uvedeno kupříkladu ve stati MACHALA, Z., TARABOVÁ, B., SERSENOVÁ, D., JANDA, M. a HENSEL, K., Chemical and antibacterial effects of plasma activated water: correlation with gaseous and aqueous reactive oxygen and nitrogen species, plasma sources and air flow conditions, *Journal of Physics D: Applied Physics*, 2018, 52(3), 034002. Jednou z nevýhod je pak například nemožnost upravovat kapaliny, které neodolávají vyšším teplotám.

Použití výše uvedených buzených výbojů je do značné míry omezeno i relativně malou interakční plochou plazmatu vůči objemu plazmatem upravované kapaliny. Kromě toho, některé z výbojů,

zejména tryskové výboje, potřebují ke svému provozu drahé plyny, jako například argon nebo helium, což je v praxi možné jen u technologií, kde je potřeba upravovat malé množství kapalin s vysokou přidanou hodnotou plazmové úpravy, tedy tyto typy výbojů nejsou použitelné u aplikací, u nichž jsou hlavním kritériem nízké náklady.

5

Problémem zapalování výboje v kapalinách je nutnost mimořádně vysoké intenzity elektrického pole, více než 1 MV/cm, pro vybuzení lavinové ionizace vedoucí k elektrickému průrazu. V praxi se proto využívá trik s vytvořením plyných mikrobublin ve výbojovém prostoru, čímž kritická hodnota elektrického pole průrazu klesne pod 10 kV/cm. Při použití ohmického ohřevu může množství energie využité pouze na odpaření kapaliny a vznik bubliny tvořit až 95% celkového příkonu. Možným řešením tohoto nedostatku je umělé vhánění plynů ve formě mikrobublin do kapaliny, a to buď přímo skrz vysokonapěťovou elektrodu, nebo do oblasti výbojového prostoru. Komplikací pro zapalování výboje tímto způsobem je často vysoká elektrická vodivost kapaliny, jež umožní dosáhnout průrazné intenzity elektrického pole pouze v objemu několika málo bublin. Následně je výsledné plazma vysoce nehomogenní, filamentární a prostorově ohraničené. Toto je řešeno buzením plazmatu ve formě VN pulzního napájení, kde energie v pulzu je enormní a je tak možné v bublinách výboj vytvořit. Pulzní napájení však s sebou nese značné náklady spojené s vysokou pořizovací cenou napájecích vysokonapěťových pulzních zdrojů a dále značné náklady zvláště při přizpůsobení technologie pro větší objemy.

20

Vznik plazmatu v kapalinách doprovází také sonoluminiscenci, která vzniká při implozi bublin par v kapalinách, kde jsou tyto bubliny generovány vysokofrekvenčními akustickými vlnami bez externí aplikace elektrického pole, což vede k produkci bublin plazmatu o velikosti řádově 1 μm a dobou života pohybující se kolem 100 ps.

25

Analogický typ bublin je možné vytvářet i rychlým prouděním kapaliny skrze vhodně tvarované zúžení, kdy vzniká takzvaná hydrodynamická kavitace. V článcích IHARA, S., HIROHATA, T., KOMINATO, Y., YAMABE, C., IKE, H., HAKIAI, K., HIRABAYASHI, K. a TAMAGAWA, M., Water Treatment Using Discharge Generated in Cavitation Field with Micro Bubble Cloud, *Electrical Engineering in Japan*, Wiley Periodicals, 2014, 186(4), 1-10 a IHARA, S., SAKAI, T., YOSHIDA, Y. a NISHIYAMA, H., Fundamental characteristics of discharge plasma generated in a water cavitation field, *Journal of Electrostatics*, Elsevier, 2018, 93, 110-117 je popsáno uspořádání, kdy dvojice VN elektrod umístěná vně tvarového zúžení, jejichž elektromagnetické pole je kolmé ke směru proudění kapaliny v trubici, v takto vytvořeném kavitačním mraku zapálila intenzivní, avšak prostorově ohraničené plazma, čímž dochází pouze k nedokonalé plazmové úpravě kapaliny. Zařízení popsané ve spisu US 2009/0071910 je vždy založeno na dvou elektrodách (buzené a zemnicí) přítomných v oblasti kavitace, navíc neumožňuje přívod plynů nebo tuhého prášku do oblasti plazmového výboje. V publikaci OKA, Y., OHNISHI, K., ASAMI, K., et al, Dispersion of carbon nanotubes into water without dispersant using cavitation bubble plasma, *Vacuum*, Elsevier, 2017, 136, 209-213[9] je uvedeno řešení, kdy k vytvoření kavitačního mraku byl využit rotující válec s otáčkami 7200 ot/min. I zde však byly obě budící elektrody umístěné přímo v kavitačním mraku, a výsledné plazma bylo také silně nehomogenní.

Extrémním příkladem vytváření bublin v kapalinách je pak tvorba pěny, což je termodynamicky nestabilní koloidní struktura s vysokou koncentrací dispergovaného plynu. Jedná se tedy o dvoufázový systém, kde je voda přítomná ve formě tenké membrány oddělené plynovými bublinami. Pěna může být vytvářena šlehaním, vpouštěním plynu, třepáním nebo vakuováním. Vše ale závisí na vlastnostech kapaliny, teplotě, tlaku, přítomnosti různých surfaktantů a podobně. V takovémto pěnovém prostředí je možné pak jednoduše zapálit výboj a úprava kapaliny je velmi efektivní až 10x lepší než ve výše uvedených výbojích. Nevýhodou je pak nutnost dodávání velkého množství plynu, energetická náročnost výroby pěny, zvláště když vlastnosti kapaliny brání zpěňování, a dále ne příliš velká vhodnost pro použití ve větších objemech.

Úkolem vynálezu je odstranit výše popsané nedostatky známých řešení a vytvořit takový způsob plazmové úpravy kapalin a zařízení pro generování nízkoteplotního plazmatu v kapalinách, které

55

by byly univerzálně vhodné pro průmyslovou plazmovou úpravu různých typů kapalin s širokým spektrem vlastností a vodivosti včetně kapalin s dispergovanými prášky, které by nepotřebovaly pro správnou funkci velké objemové množství pracovního plynu, byly by energeticky, prostorově a investičně nenáročné, vytvářely plazma v celém průřezu vháněné kapaliny a umožňovaly by snadné dimenzování a upscaling pro různé průtoky.

Podstata vynálezu

Stanoveného cíle je dosaženo vynálezem, kterým je zařízení pro čištění kapalin pomocí generování elektricky buzeného výboje nízkoteplotního plazmatu v kapalném prostředí, v němž je při proudění kapaliny možno dosáhnout vzniku kavitace nebo superkavitace, sestávající ze vzájemně sériově propojených regulátoru tlaku a kavitační trubice, která je tvořena vzájemně na sebe navazujícími nátokovou komorou, konfuzorem, pracovní komorou, difuzorem a výtokovou komorou, kde jednak je v nátokové komoře v její podélné ose ve směru proudění kapaliny ustavena buzená elektroda, která svým volným koncem zasahuje do pracovní komory a ke které je elektricky vodivě připojen vysokonapěťový zdroj, přičemž buzená elektroda je elektricky odizolována od tělesa kavitační trubice, a jednak je ve výtokové komoře ustavena zemnicí elektroda, která je v elektrickém kontaktu s kapalinou.

Ve výhodném provedení je buzená elektroda upevněna na elektrodovém nosníku, který je ustaven uvnitř nátokové komory kolmo k podélné ose kavitační trubice, od níž je elektricky odizolován, přičemž buzená elektroda je s elektrodovým nosníkem elektricky propojena a k elektrodovému nosníku je připojen vysokonapěťový zdroj.

V dalším výhodném provedení jsou elektrodový nosník a buzená elektroda provedeny jako duté s vytvořenou společnou průchozí vnitřní dutinou, která je otevřena na jedné straně vně kavitační trubice a na druhé straně na volném konci buzené elektrody zasahující do pracovní komory.

Dále je výhodné, když je zemnicí elektroda provedena jako část pláště výtokové komory.

V dalším výhodném provedení je zemnicí elektroda provedena jako kmitající ultrazvukově buzený hrot připojený k ultrazvukovému generátoru.

Konečně je výhodné, když buď je za výtokovou komorou zařazen ejektor tvořený přívodní komorou navazující na výtokovou komoru kavitační trubice a úžinou, kde z přívodní komory je odvedeno odsávací potrubí, které je zaústěno do úžiny, nebo je za výtokovou komorou ke kavitační trubici připojeno čerpadlo.

Také je podstatou vynálezu způsob čištění kapalin pomocí zařízení, jehož podstatou je, že nízkoteplotní plazma je generováno do místa vzniku kavitace či superkavitace nebo do těsné blízkosti jejího vzniku proti proudu kapaliny, a to ve směru jejího proudění, pomocí buzené elektrody situované souhlasně se směrem proudění kapaliny, přičemž velikost frekvence vysokonapěťového výboje se pohybuje v rozmezí hodnot 0 až 20 MHz.

Ve výhodném provedení je plazma ultrazvukově stimulováno.

V dalším výhodném provedení je do místa vzniku kavitace nebo superkavitace přiváděn plyn nebo tuhá látka ve formě prášku.

Dále je výhodné, když je prášková tuhá látka fotoreaktivní.

V dalším výhodném provedení je kapalina za místem zániku kavitace odsávána.

Předkládaným vynálezem se dosahuje vyššího účinku v tom, že v případě použití plné budicí elektrody je výboj elektricky buzen ve zředěných parách kapaliny bez přístupu vzduchu, což je výhodné pro hořlavé kapaliny a disperse. Dále plazma v superkavitaci hoří od budicí elektrody k objemu kapaliny a pro různé vodivosti kapaliny není nutné optimalizovat vzdálenost elektrod.

5 Vodivost kapaliny má vliv jen na délku zóny s vybuzeným plazmatem, a to při zachování konstantního výkonu, není tedy potřebné optimalizovat vzdálenost elektrod pro dané médium s různými parametry. V případě použití duté buzené elektrody lze do proudící kapaliny přisávat pracovní plyn, reakční kapalinu nebo částice v práškové formě, které jsou poté rozdispergovány do pracovní kapaliny a následně modifikovány vytvořeným plazmatem v superkavitaci. V případě

10 použití i duté zemnicí elektrody lze takto upravovat i pevné nevodivé materiály ve formě vláken nebo tyčí.

Objasnění výkresů

15 Konkrétní příklady provedení vynálezu jsou schematicky znázorněny na přiložených výkresech kde:

- obr. 1 je schematický náčrt zařízení v režimu kavitace,
- 20 obr. 2 je schematický náčrt zařízení v režimu superkavitace,
- obr. 3 je schematický náčrt zařízení s alternativním provedením zemnicí elektrody,
- 25 obr. 4 je schematický náčrt zařízení s přidaným ejektorem a
- obr. 5 je schematický náčrt zařízení s ultrazvukovým generátorem připojeným k zemnicí elektrodě.
- 30 Výkresy znázorňující představovaný vynález a následně popsání příklady konkrétních provedení v žádném případě neomezují rozsah ochrany uvedený v definici, ale jen objasňují podstatu vynálezu.

Příklady uskutečnění vynálezu

Zařízení k provádění způsobu čištění kapalin sestává v základním provedení znázorněném na obr. 1 ze vzájemně sériově propojených regulátoru tlaku 1 a kavitační trubice 2, která je tvořena sériově na sebe navazujícími válcovou nátokovou komorou 21, konfuzorem 22, válcovou pracovní

40 komorou 23, difuzorem 24 a válcovou výtokovou komorou 25. V nátokové komoře 21 je kolmo k podélné ose kavitační trubice 2 usazen elektrodový nosník 31, ke kterému je upevněna podlouhlá buzená elektroda 3 situovaná v podélné ose nátokové komory 21 a zasahující svým volným koncem do pracovní komory 23, přičemž buzená elektroda 3 je elektricky vodivě propojena s elektrodovým nosníkem 31, avšak oba prvky 3 a 31 jsou od tělesa kavitační trubice 2 elektricky odizolovány. K

45 elektrodovému nosníku 31 je připojen vysokonapěťový zdroj 4, kterým je přes elektrodový nosník 31 buzená elektroda 3 napájena. Ve výtokové komoře 25 je ustavena zemnicí elektroda 5, jejímž prostřednictvím je uzemněna i kapalina proudící kavitační trubicí 2. Kruhový tvar příčného řezu kavitační trubice 2 není jediným možným řešením, příčný řez kavitační trubicí 2 může mít libovolný tvar.

50 Alternativně jsou elektrodový nosník 31 a buzená elektroda 3 provedeny jako duté s vytvořenou společnou neoznačenou průchozí vnitřní dutinou, která je otevřena na jedné straně vně kavitační trubice 2 a na druhé straně na volném konci buzené elektrody 3 zasahujícím do pracovní komory 23, jak je znázorněno na obr. 3 až 5.

55

Další alternativou je provedení zemnicí elektrody 5 jako části pláště výtokové komory 25, jak je znázorněno na obr. 3.

5 Další alternativou znázorněnou na obr. 4 je zařazení ejektoru 6 za výtokovou komoru 25. Ejektor 6 je tvořen přívodní komorou 61, která navazuje na výtokovou komoru 25, a úžinou 62. Z přívodní komory 61 je bočně vyvedeno odsávací potrubí 63 vyústěné do úžiny 62. Ejektor 6 může být alternativně nahrazen neznázorněným čerpadlem.

10 Alternativně je zemnicí elektroda 5 provedena jako kmitající ultrazvukově buzený hrot připojený k ultrazvukovému generátoru 8, jak je znázorněno na obr. 5.

Při provádění způsobu čištění kapalin podle obr. 1 je regulátorem tlaku 1 udržována taková hodnota tlaku kapaliny proudící nátokovou komorou 21 do kavitační trubice 2, aby došlo v místě zúžení ke vzniku kavitace nebo superkavitace. Kapalina je z nátokové komory 21 vedena do konfuzoru 22,
15 kde dochází k podstatnému zvýšení její rychlosti a současně k poklesu tlaku, a to pod tlak nasycených par. V tomto okamžiku se v konfuzoru 22 začínají objevovat první bublinky, které postupují vysokou rychlostí pracovní komorou 23 ve které začíná vznikat kavitace. V difuzoru 24 dojde v důsledku odtržení mezní vrstvy k dalšímu snížení tlaku a k podstatnému rozšíření kavitační zóny, která vyplní prakticky celý prostor difuzoru 24 a postupuje až do výtokové komory 25, kde
20 dochází ke vzniku kavitačního mraku 71. Případně dojde až ke vzniku superkavitace 72, kdy kapalina proudí pouze středem výtokové komory 25 a kolem ní je prostor zcela vyplněn superkavitujícím médiem, jak je znázorněno na obr. 2. Vysokonapětovým zdrojem 4, jehož frekvence se pohybuje v rozmezí 0 až 20 MHz, je napájena buzená elektroda 3, jejímž potenciálem vůči zemnicí elektrodě 5 je vytvářeno elektromagnetické pole, jehož směr je rovnoběžný se směrem
25 proudění kapaliny. Tímto elektromagnetickým polem pak jsou buzeny výboje plazmatu, které hoří v celé oblasti kavitace 71 nebo superkavitace 72.

V alternativním provedení, kdy jsou elektrodový nosník 31 s elektrodou 3 provedeny jako duté, může být dutinou v nich vytvořenou přiváděn do prostoru vzniku kavitace 71 nebo superkavitace
30 72 plyn nebo pevné částice.

Průmyslová využitelnost

35 Vynález je využitelný pro generování nízkoteplotního plazmatu v kapalinách sloužícího pro plazmové úpravy kapalin nebo suspenzí kapalin obsahujících biologické a chemické kontaminanty nebo kapaliny obsahujících dispergované prášky tak i k úpravě nevodivých materiálů ve tvaru tyčí a nití v kapalinách bez přístupu vzduchu v hygienickém, chemickém průmyslu, ve stavebnictví, v průmyslu, v potravinářském průmyslu a podobně. Vynález je využitelný k dekontaminaci vod, a to
40 jak odpadních vod, tak pro sterilizaci pitné a užitkové vody a dále pak pro úpravu kapalin na bázi uhlovodíků jako jsou například oleje, barvy a podobně.

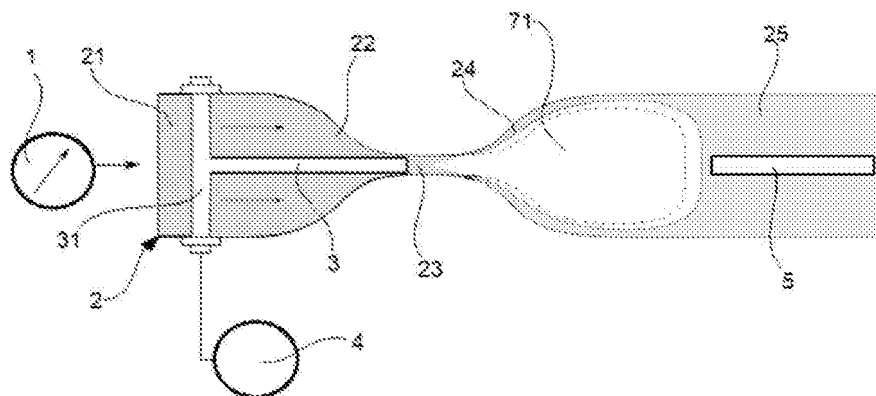
PATENTOVÉ NÁROKY

1. Zařízení pro čištění kapalin pomocí generování elektricky buzeného výboje nízkoteplotního plazmatu v kapalném prostředí, v němž je při proudění kapaliny možno dosáhnout vzniku kavitace nebo superkavitace, sestávající ze vzájemně sériově propojených regulátoru (1) tlaku a kavitační trubice (2), která je tvořena vzájemně na sebe navazujícími nátokovou komorou (21), konfuzorem (22), pracovní komorou (23), difuzorem (24) a výtokovou komorou (25), **vyznačující se tím**, že jednak je v nátokové komoře (21) v její podélné ose ve směru proudění kapaliny ustavena buzená elektroda (3), která svým volným koncem zasahuje do pracovní komory (23) a ke které je elektricky vodivě připojen vysokonapěťový zdroj (4), přičemž buzená elektroda (3) je elektricky odizolována od tělesa kavitační trubice (2), a jednak je ve výtokové komoře (25) ustavena zemnicí elektroda (5), která je v elektrickém kontaktu s kapalinou.
2. Zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že buzená elektroda (3) je upevněna na elektrodovém nosníku (31), který je ustaven uvnitř nátokové komory (21) kolmo k podélné ose kavitační trubice (2) od níž je elektricky odizolován, přičemž buzená elektroda (3) je s elektrodovým nosníkem (31) elektricky propojena a k elektrodovému nosníku (31) je připojen vysokonapěťový zdroj (4).
3. Zařízení podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že elektrodový nosník (31) a buzená elektroda (3) jsou provedeny jako duté s vytvořenou společnou průchozí vnitřní dutinou, která je otevřena na jedné straně vně kavitační trubice (2) a na druhé straně na volném konci buzené elektrody (3) zasahující do pracovní komory (23).
4. Zařízení podle kteréhokoliv z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že zemnicí elektroda (5) je provedena jako část pláště výtokové komory (25).
5. Zařízení podle kteréhokoliv z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že zemnicí elektroda (5) je provedena jako kmitající ultrazvukově buzený hrot připojený k ultrazvukovému generátoru (8).
6. Zařízení podle kteréhokoliv z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že za výtokovou komorou (25) je zařazen ejektor (6) tvořený přívodní komorou (61) navazující na výtokovou komoru (25) a úžinou (62), kde z přívodní komory (61) je odvedeno odsávací potrubí (63), které je zaústěno do úžiny (62).
7. Zařízení podle kteréhokoliv z nároků 1 až 6, **vyznačující se tím**, že za výtokovou komorou (25) je ke kavitační trubici (2) připojeno čerpadlo.
8. Způsob čištění kapalin pomocí zařízení podle nároků 1 až 7, **vyznačující se tím**, že nízkoteplotní plazma je generováno do místa vzniku kavitace či superkavitace nebo do těsné blízkosti jejího vzniku proti proudu kapaliny, a to ve směru jejího proudění, pomocí buzené elektrody situované souhlasně se směrem proudění kapaliny, přičemž velikost frekvence vysokonapěťového výboje se pohybuje v rozmezí hodnot 0 až 20 MHz.
9. Způsob podle nároku 8, **vyznačující se tím**, že plazma je ultrazvukově stimulováno.
10. Způsob podle nároku 8 nebo 9, **vyznačující se tím**, že do místa vzniku kavitace nebo superkavitace je přiváděn plyn.
11. Způsob podle nároku 8 nebo 9, **vyznačující se tím**, že do místa vzniku kavitace nebo superkavitace je přiváděna tuhá látka v práškové formě.
12. Způsob podle nároku 11, **vyznačující se tím**, že tuhá látka v práškové formě je fotoreaktivní.

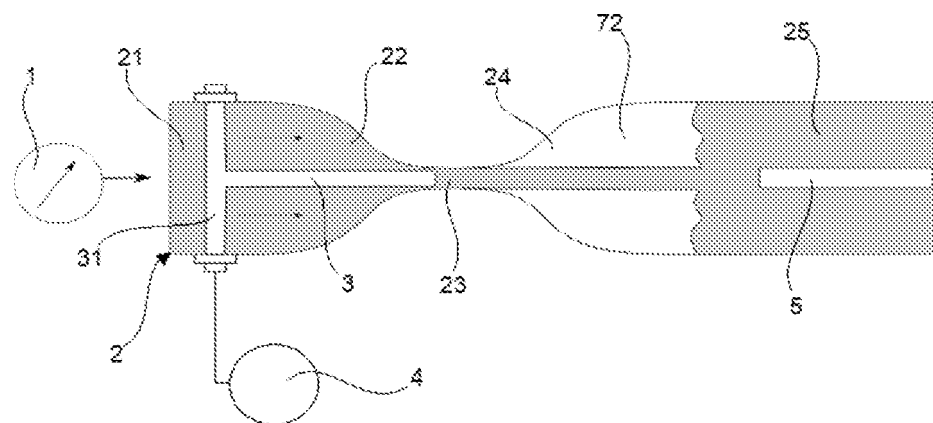
13. Způsob podle kteréhokoliv z nároků 8 až 12, **vyznačující se tím**, že z oblasti za místem zániku kavitace je kapalina odsávána.

5 výkresů

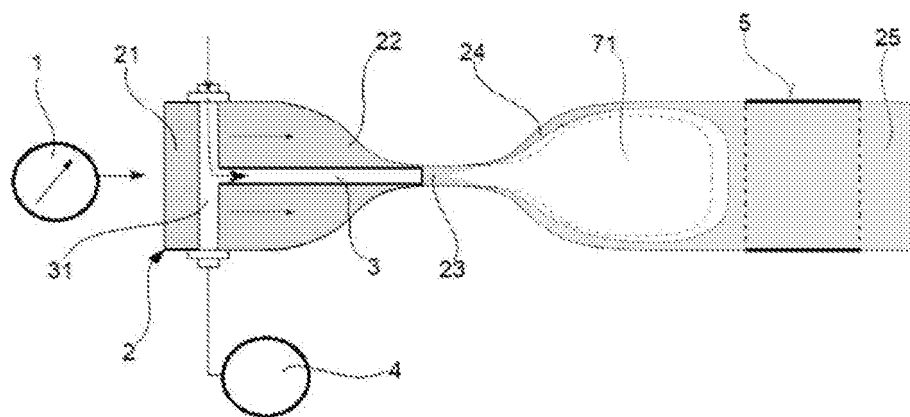
5



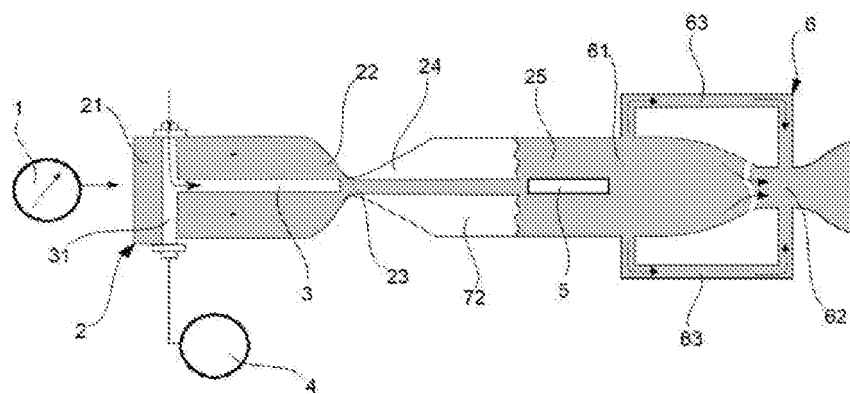
Obr. 1



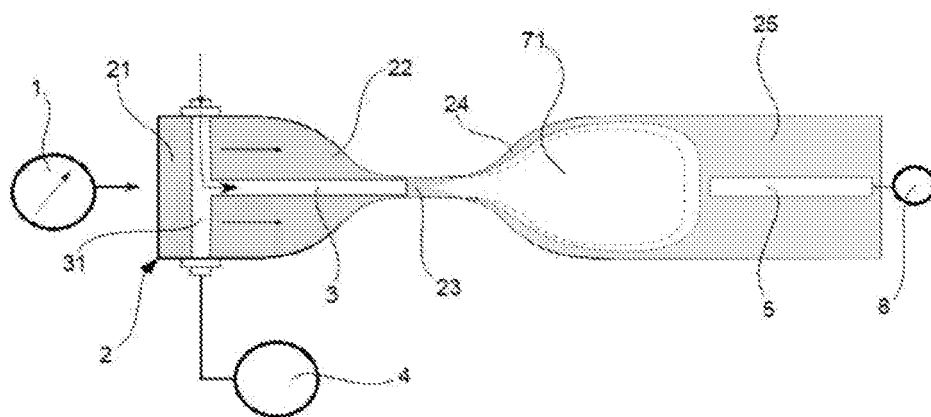
Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5