

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2011-784

(13) Druh dokumentu: **A3**

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **02.12.2011**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **03.07.2013**

(Věstník č. 27/2013)

(51) Int. Cl.:

F23C 5/02 (2006.01)

F23L 1/00 (2006.01)

F02C 7/04 (2006.01)

(71) Přihlašovatel:

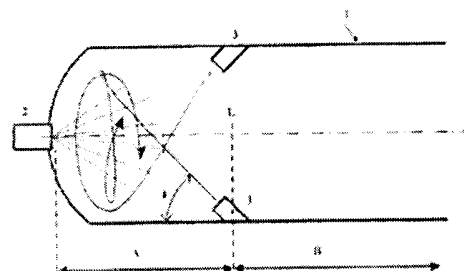
Výzkumný a zkušební letecký ústav, a.s., Praha -
Letňany, CZ

(72) Původce:

Hýbl Radek, Zábřeh, CZ

(74) Zástupce:

Loskotová & partneři, patentová a známková kancelář,
Ing. Jarmila Loskotová, K Závětinám 727, Praha 5,
15500



(54) Název přihlášky vynálezu:

**Nízkoemisní spalovací komora, zejména
malých turbínových motorů**

(57) Anotace:

Nízkoemisní spalovací komora, zejména malých turbínových motorů, sestávající z tělesa plamence (1) a nejméně jedné palivové trysky (2), je dále opatřena ve stěně tělesa plamence (1) spalovací komory nejméně jednou usměřovací trubicí (3) pro přívod primárního/přídavného vzduchu, přičemž usměřovací trubice (3) je umístěna v tělese plamence (1) pod úhlem (4), který svírá podélná osa usměřovací trubice (3) se stěnou tělesa plamence (1), který má hodnotu v rozmezí 20 - 90°, přičemž rovina (L), vedená v místě styku usměřovací trubice (3) s tělesem plamence (1) kolmo k podélné ose tělesa plamence (1) dělí těleso plamence (1) na dvě sekce, přičemž jako primární sekce (A) je označen prostor mezi vstupem palivové trysky (2) a rovinou (L) a jako sekundární sekce (B) je označen prostor tělesa plamence (1) od roviny (L) na opačnou stranu v tělese plamence (1), přičemž úhel (4) a průměr usměřovací trubice (3) je odvislý od charakteru proudění přívodního vzduchu vně plamence (1) a tedy výsledném výstupním úhlu proudu vzduchu z usměřovacích trubic. Nová koncepce nízkoemisní spalovací komory se vyznačuje stabilizovaným vírem vzduchu unášejícím palivo s osou rotace přibližně totožnou s osou palivové trysky a postupem proudu vzduchu unášejícím palivo nejprve po vnější straně tohoto víru směrem k palivové trysce, odkud dále postupuje středem víru směrem od trysky.

CZ 2011 - 784 A3

Nízkoemisní spalovací komora, zejména malých turbínových motorů

Oblast techniky

Technické řešení se týká oblasti letectví, strojírenství, energetiky, konkrétně spalovací komory turbínového motoru, zejména pro malé turbínové motory.

Dosavadní stav techniky

Současné nízkoemisní spalovací komory velkých turbínových motorů dosahují velmi nízkých úrovní emisí NO_x, řádově pod 25ppm, tohoto se dosahuje snížením teploty spalování použitím spalování chudé směsi paliva, tzv. chudé spalování na hranici zhasnutí a intenzivního míchání reaktantů s horkými produkty za účelem urychlení chemických reakcí a zabránění vzniku tzv. hot spotů, tedy oblastí s místně vysokou teplotou nad 1800K, kde dochází ke zvýšené produkci NO_x. Z konstrukčního hlediska jsou současné nízkoemisní komory řešeny na bázi stabilizace pomocí tzv. vířiče, kterým prochází většina primárního vzduchu s předmíšeným nebo nepředmíšeným palivem, vhodnou volbou poměru axiální a rotační složky rychlosti proudu z vířiče dochází ke kolapsu víru a zpětnému proudění, tedy vzniku tzv. recirkulační oblasti, kde dochází ke stabilizaci plamene a míšení produktů hoření s čerstvou směsí. Velkým nedostatkem této koncepce je malý operační rozsah stabilní práce ve spalovací komoře, při podmínkách spalování chudé směsi, potřebné zálohy pro deceleraci motoru jsou dosaženy použitím pilotních stupňů nebo tzv. stupňovitým zapalováním/zhášením jednotlivých hořáků ve spalovací komoře. Tato řešení jsou však velmi výrobně komplikovaná a nákladná, navíc prostorová omezení spalovacích komor malých turbínových motorů prakticky vylučují použití těchto systémů vzhledem k malým průtočným průměrům a tedy možnosti poškození provozem a dále velkým tlakovým ztrátám vyplývajícím z nízkých reynoldsových čísel. Stupňovité spalování je navíc velmi náročné na řídicí systém a tedy z provozních a ekonomických hledisek pro malé motory nerentabilní.

Druhou možností používanou ke snížení emisí NO_x a zachování provozní stability je aplikace principu RQL – Rich burn - quick Quench - Lean burn, ve stručnosti hoření probíhá nejprve při nízkých teplotách spalováním směsi s přebytkem paliva, poté je do spalin prudce přimícháno takové množství vzduchu, které zajistí dohoření paliva opět za nízké teploty při podmínkách chudé směsi. Tímto způsobem je zajištěno, že za každých okolností je ve spalovací zóně oblast s podmínkami umožňujícími hoření bez nutnosti použití komplikovaných regulačních systémů. Uvedený princip však nedosahuje tak nízkých hodnot emisí NO_x jako postup tzv. chudého spalování.

Z konstrukčního hlediska jsou komory RQL řešeny jako klasické tedy se stabilizací jedním nebo dvěma toroidálními víry, nebo se stabilizací vířičem a dodatečným přívodem tzv. dohořivacího vzduchu.

Podstata vynálezu

Výše uvedené nedostatky odstraňuje řešení nízkoemisní spalovací komory, zejména malých turbínových motorů, které se vyznačuje stabilizovaným vírem vzduchu unášeným palivo s osou rotace přibližně totožnou s osou palivové trysky a postupem proudu vzduchu unášeným palivo nejprve po vnější straně tohoto víru směrem k palivové trysce odkud dále postupuje středem víru směrem od trysky. Většina primárního vzduchu vstupuje do spalovací zóny komory dvojicí, nebo více páry diagonálně umístěných usměrňovacích trubic, které jsou uspořádány v příčném směru tečně k do plamence vepsané kružnici, přičemž přibližně ve středech těchto kružnic se nacházejí palivové trysky. V podélném směru jsou usměrňovací trubice skloněny tak, aby jejich ústí směřovalo šikmo směrem k palivové trysce. Tímto uspořádáním je ve spalovací komoře vytvářen stabilizační vír vzduchu s osou rotace přibližně totožnou s osou palivové trysky a postupem proudu nejprve po vnější straně víru směrem k palivové trysce, kde se proud otáčí a dále postupuje středem víru směrem od palivové trysky. Plynné nebo kapalné palivo je rozstříkováno v ose tohoto víru vzduchu. Usměrňovací trubice dělí spalovací prostor komory na 2 zóny, které se liší svým charakterem hoření a směšovacím poměrem, přední zóna nacházející se nejbližší palivové trysky je primární s nejbohatší palivovou směsí, charakter proudění vzduchu je takový, že osová část složky primárního vzduchu postupuje podél stěny komory, po vnějším průměru víru směrem k palivové trysce, při tomto postupu dochází k míšení s horkými spaliny nacházejícími se na vnitřních poloměrech víru, tímto narůstá teplota vzduchu a dochází k recirkulaci radikálů směrem k čerstvé směsi, což vytváří vhodné podmínky pro stabilní hoření s vysokou účinností.

Druhá zóna - dohořivací se nachází za usměrňovacími trubicemi, na opačné straně od palivové trysky, zde dochází ke konečnému dohoření palivové směsi za podmínek chudého spalování.

Popisované řešení umožňuje využívat výhod jak RQL tak i chudého spalování.

Poloha plamene hoření palivové směsi se mění v souvislosti s celkovým směšovacím poměrem, při celkově chudé směsi je plamen soustředěn pouze v první, primární zóně v oblasti malých poloměrů od osy víru, komora pracuje v režimu RQL. Při obohacování směsi, zvyšování výkonu se plamen rozšiřuje směrem k vnějším polůměrům od osy víru a

současně se prodlužuje a zasahuje do druhé zóny, komora pracuje v režimu RQL, při velkých bohatostech směsi je plamen pouze ve druhé, dohořivací zóně, první zóna pak zajišťuje předmíšení paliva se vzduchem, princip činnosti se pak podobá LPP (Lean Premixed Prevaporised).

Podstatou řešení nízkemisní spalovací komory je nahrazení komplikovaného vířiče u dosavadních řešení účinkem diagonálně umístěných usměřovacích trubic, které vytvářejí podobnou vírovou strukturu proudění jako v případě použití vířiče, tedy vír s osou rotace totožnou s osou palivové trysky, avšak s postupem proudění ve víru obráceně než v případě použití vířiče. Spalovací vzduch z usměřovacích trubic je směřován tak, že izoluje horké jádro od stěn komory, čímž přispívá k chlazení a snižuje tak spotřebu chladícího vzduchu a složitost řešení chladicího systému. Osa víru vzduchu totožná s osou trysky je přínosná pro omezení kontaktu částic paliva se stěnami komory a následným zhášením a tvorbou karbonu, což bývá slabinou malých spalovacích komor s jedním toroidálním vírem.

Usměřovací trubice mohou být umístěny buď v jedné, nebo více řadách za sebou, tímto způsobem lze vhodněji technologicky zvládnout větší požadované průměry usměřovacích trubic a intenzivnějšího promíchání čerstvého vzduchu se spalinami díky většímu povrchu proudů vzduchu z usměřovacích trubic. Uvedené řešení spalovací komory je aplikovatelné na prstencové, smíšené i trubkové uspořádání spalovacích komor.

Ve výhodném provedení je nízkemisní spalovací komora vytvořena jako prstencová, sestává z tělesa plamence a nejméně čtyř palivových trysek, přičemž ve stěně tělesa plamence jsou uspořádány usměřovací trubice primárního vzduchu, mezi palivovými tryskami, střídavě vždy na vnitřním průměru a vnějším průměru plamence.

V dalším provedení je nízkemisní spalovací komora trubková, tvořená tělesem plamence a jednou palivovou tryskou, kde plamenec je osově souměrný podle osy palivové trysky, a v těle plamence jsou uspořádány dvě usměřovací trubky umístěné přibližně tečně k průměru plamence I a v bočním pohledu skloněných o úhel, který má velikost cca 20-90°, ve vzdálenosti od ústí palivové trysky v rozmezí 0.5 až 4 násobku průměru plamence, přičemž tyto jednotlivé trubkové komory mohou být sdružovány do souborů.

V dalším provedení je nízkemisní spalovací komora, vytvořena jako smíšená, sestávající z tělesa plamence a nejméně jedné palivové trysky, přičemž primární zóna A je tvořena jako komora trubková nebo souborem trubkových komor, které jsou rovnoměrně obvodově rozmístěny a tyto následně přechází do tvaru prstencové dohořivací sekundární zóny B.



Objasnění výkresů

Vynález je dále ojasněn na přiložených výkresech, kde na obr. 1 je pohled v příčné rovině části prstencové spalovací komory, na obr. 2 je podélný řez prstencovou spalovací komorou v rovině palivové trysky s jednou řadou usměrňovacích trubic primárního vzduchu, na obr. 3 je podélný řez prstencovou spalovací komorou v rovině palivové trysky se dvěma řadami usměrňovacích trubic primárního vzduchu, na obr. 4 je část prstencové spalovací komory s jednou řadou usměrňovacích trubic primárního vzduchu v prostorovém vyobrazení a na obr. 5 je podélný a příčný řez trubkové spalovací komory.

Příklady uskutečnění vynálezu

Prstencová spalovací komora v příkladném provedení je tvořena dvěma soustřednými kruhovými stěnami plamence 1, spalovací prostor se nachází mezi těmito stěnami. Palivové trysky 2 jsou rozmístěny obvodově symetricky ve středech vepsaných kružnic K ke stěnám plamence 1, jejich roztečná vzdálenost H je taková, že sousední vepsané kružnice K se přibližně dotýkají. Ve stěně plamence 1 jsou upevněny usměrňovací trubice 3 primárního vzduchu, které jsou uspořádané mezi palivovými tryskami 2, střídavě vždy na vnitřním průměru D1 a vnějším průměru D3 plamence 1. Rovina usměrňovacích trubic 3 dělí spalovací komoru na dvě zóny a to primární zónu A, nacházející se před ústím usměrňovacích trubic 3 na straně palivové trysky 2 a sekundární zónu B, nacházející se za ústím usměrňovacích trubic 3 na opačné straně plamence 1. Usměrňovací trubice 3 jsou umístěny v plamenci 1 pod úhlem 4, který svírá podélná osa usměrňovací trubice 3 se stěnou plamence 1 a který má velikost cca 20-90°. Volba sklonu je odvislá od návrhových požadavků na směšovací poměr v primární zóně A a sekundární zóně B a charakteru proudění vně plamence 1, který ovlivňuje úhel výtoky vzduchu z usměrňovací trubice. Pokud je požadováno vzduch z trubice 3 rozdělit tak, aby šlo méně do primární zóny k palivové trysce 2 a více do dohořívací, pak se zvolí větší úhel 4, a naopak, bohatší primární zóna přispívá k širší oblasti stabilní práce ve spalovací komoře, avšak zvyšuje množství emisí NOx, optimální nastavení je nutno stanovit pro každou aplikaci individuálně. Sklon a průměr jednotlivých usměrňovacích trubic 3 může být teoreticky různý a je odvislý od charakteru proudění přívodního vzduchu vně plamence 1 a tedy výsledném výstupním úhlu proudu vzduchu. Důležité je, aby všemi usměrňovacími trubicemi 3 proudilo přibližně stejné množství vzduchu, což způsobí vytvoření víru vzduchu s osou rotace přibližně totožnou s osou palivové trysky 2. Postup proudění je po vnitřní straně plamence 1, tedy vně víru, směrem k palivové trysce 2, kde se proud obrací a postupuje



středem víru směrem od palivové trysky 2, která je umístěná v zadní části plamence 1 ve středu vzdálenosti vnitřní a vnější stěny plamence 1.

V uspořádání spalovací komory s více usměřňovacími trubicemi 3 za sebou může být počet řad usměřňovacích trubic i větší než 2.

Dále může být plamenec 1 opatřen dodatečnými vstupy dohořivacího vzduchu 5 a vstupů směšovacího vzduchu 6 pro ochlazení spalin na požadovanou teplotu a vytvoření požadovaného teplotního pole před turbínovým stupněm pro zvýšení účinnosti a prodloužení životnosti turbíny.

Aplikace v komoře prstencového typu s jedním párem usměřňovacích trubic 3, je vyobrazena na obr. 4, komora sestává z plamence 1 anulárního tvaru, 12-ti palivových trysek 2, které jsou uspořádány rovnoměrně do kruhu v zadní části plamence 1 a usměřňovacích trubic 3, které jsou umístěny v rovinách mezi palivovými tryskami 2 tak, aby vytvářely stabilizační víry s osou rotace přibližně totožnou s osou trysek 2. Dále může být plamenec opatřen otvory 5 pro dodatečný vzduch pro dohoření směsi a otvory 6 pro dochlazení spalin na požadovanou výstupní teplotu a profil. Uvedené uspořádání je použitelné pro plynové turbíny.

Komora trubkové spalovací komory, vyobrazena na obr. 5, sestává z plamence 1, který je osově souměrný podle osy palivové trysky 2, usměřňovacích trubic 3 umístěných přibližně tečně k průměru plamence 1 a v bočním pohledu skloněných o úhel 4, který má velikost cca 20-90°. Tato poloha usměřňovacích trubic zajistí, aby byl vytvořen vír vzduchu s osou rotace totožnou s osou palivové trysky 2 a postupem víru po vnitřní straně plamence 1 směrem k palivové trysce a středem víru směrem od trysky. Palivová tryska 2 je umístěná v ose plamence 1. Je možno v případě potřeby použít více řad usměřňovacích trubic analogicky k obrázku 3.

Smišený typ komory je kombinací trubkového a prstencového typu tak, že primární zóna, označená na obr. 2 symbolem A je provedena jako trubková a dohořivací část sekundární zóna, označená symbolem B je provedena jako prstencová, výhodou tohoto řešení je fakt, že komoru je možno testovat a vyvíjet jako trubkovou ale vlastnostmi se přibližuje komoře prstencové.

Průmyslová využitelnost:

Uplatnění popisované koncepce spalovací komory s diagonálními vstupy primárního vzduchu je především ve spalovacích komorách, zejména malých turbínových motorů s ekvivalentním výkonem řádově do 500kW, kde vychází použití viříče jako komplikované řešení.



Další průmyslové uplatnění může být v hořácích pro ohřev, kde je požadována jednoduchá konstrukce a současně velký operační rozsah výstupních teplot.

PATENTOVÉ NÁROKY

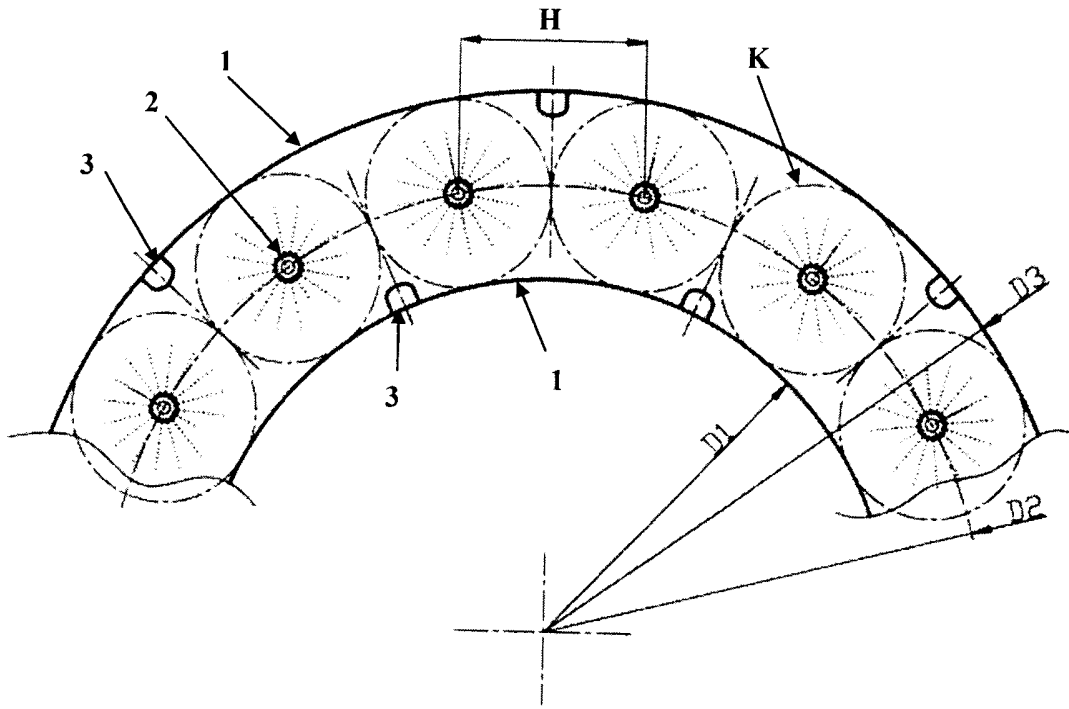
1. Nízkoemisní spalovací komora, zejména malých turbínových motorů, sestávající z tělesa plamence a nejméně jedné palivové trysky, vyznačující se tím, že ve stěně tělesa plamence (1) spalovací komory je diagonálně uspořádána nejméně jedna usměrňovací trubice (3) pro přívod primárního vzduchu, přičemž usměrňovací trubice (3) je nebo jsou umístěna v tělese plamence 1 pod úhlem 4, který svírá podélná osa usměrňovací trubice 3 se stěnou tělesa plamence 1, a který má hodnotu v rozmezí 20° až 90° , přičemž rovina L vedená v místě styku usměrňovací trubice (3) s tělesem plamence (1) kolmo k podélné ose tělesa plamence (1), dělí těleso plamence (1) na dvě sekce, přičemž jako primární sekce A je označen prostor mezi vstupem palivové trysky (2) a rovinou L a jako sekundární sekce B je označen prostor tělesa plamence (1) od roviny L na opačnou stranu v tělese plamence (1).
2. Nízkoemisní spalovací komora, zejména malých turbínových motorů, vytvořená jako prstencová, sestávající z tělesa plamence a nejméně čtyř palivových trysek, podle nároku 1, vyznačující se tím, že ve stěně tělesa plamence 1 jsou uspořádány usměrňovací trubice 3 primárního vzduchu, mezi palivovými tryskami 2, střídavě vždy na vnitřním průměru D1 a vnějším průměru D3 plamence 1.
3. Nízkoemisní spalovací komora, zejména malých turbínových motorů, vytvořená jako trubková, sestávající z tělesa plamence a jedné palivové trysky, kde plamenec je osově souměrný podle osy palivové trysky, vyznačující se tím, že v těle plamence (1) jsou uspořádány dvě usměrňovací trubky (3) umístěné přibližně tečně k průměru plamence 1 a v bočním pohledu skloněné o úhel 4, který má velikost cca 20° až 90° , ve vzdálenosti od ústí palivové trysky v rozmezí 0.5 až 4 násobku průměru plamence (1), přičemž tyto jednotlivé trubkové komory mohou být sdružovány do souborů.
4. Nízkoemisní spalovací komora, zejména malých turbínových motorů, vytvořená jako smíšená, podle nároků 1. a 3., vyznačující se tím, že primární zóna A je tvořena nejméně dvěma trubkovými komorami a tyto následně přechází do společného prostoru.

5. Nízkoemisní spalovací komora, podle některého z nároků 1, 2, 3 a 4, vyznačující se tím, že úhel α a průměr usměrňovací trubice β je odvislý od charakteru proudění přírodního vzduchu vně plamence γ , a od návrhových požadavků na směšovací poměr v primární zóně A a sekundární zóně B , pokud je požadavek na méně vzduchu z usměrňovací trubice β k palivové trysce δ do primární zóny A a více do sekundární zóny B , dohořivací, pak se zvolí menší úhel α a naopak.
6. Nízkoemisní spalovací komora, sestávající z tělesa plamence a nejméně jedné palivové trysky, podle některého z nároků 1,2,3,4 a 5, vyznačující se tím, že uspořádání spalovací komory s více usměrňovacími trubicemi β za sebou, vzhledem k podélné ose plamence, je vytvořena s počtem řad usměrňovacích trubic větší než 1.

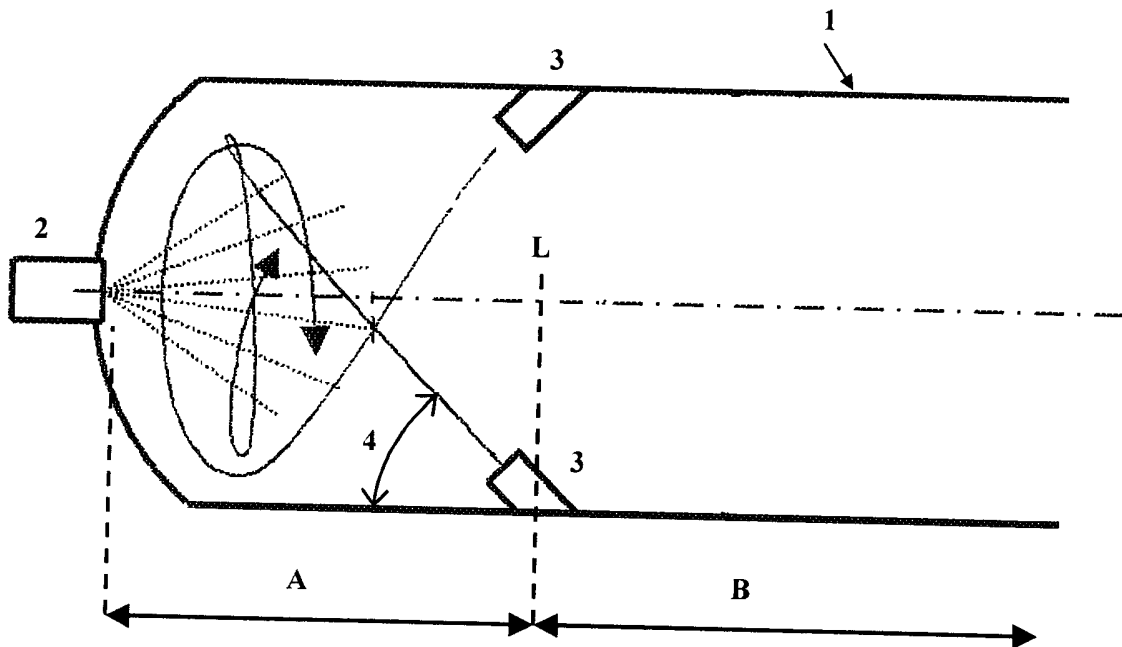
1/3

00.12.11

PV 2011 - 784



Obr. 1

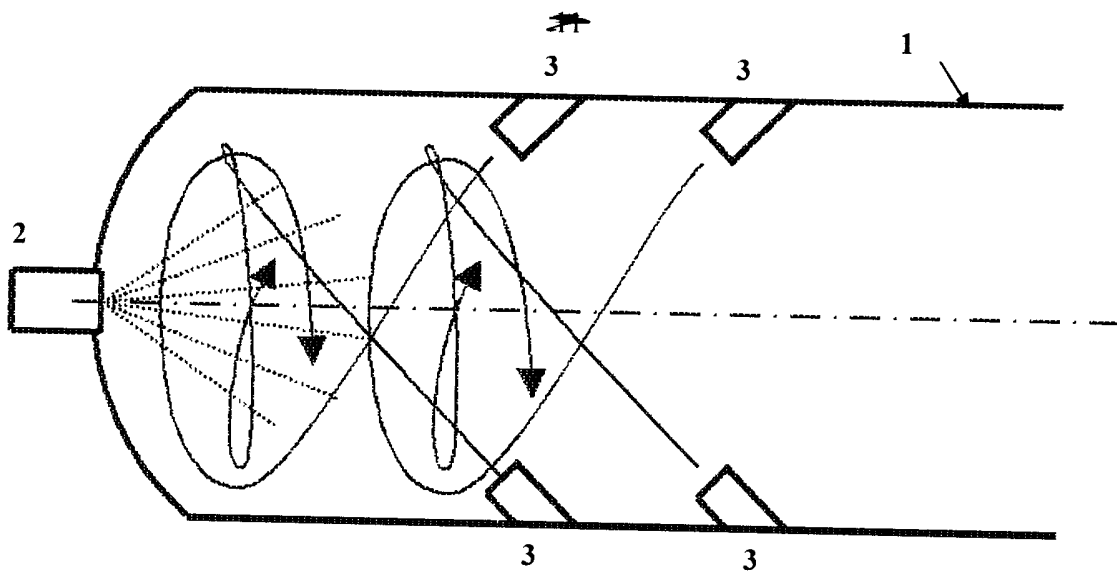


Obr. 2

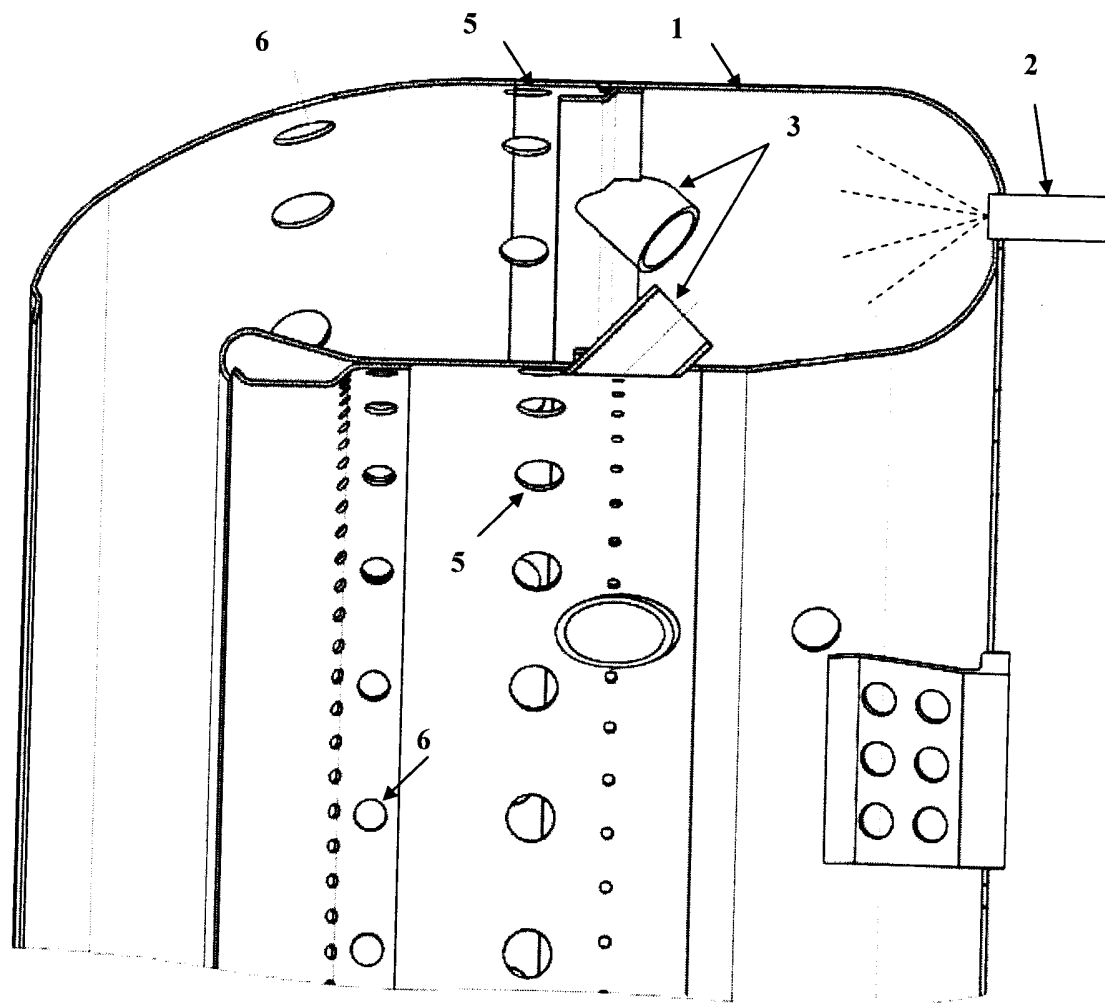
2/3

PV2011-784

00.10.11



Obr. 3

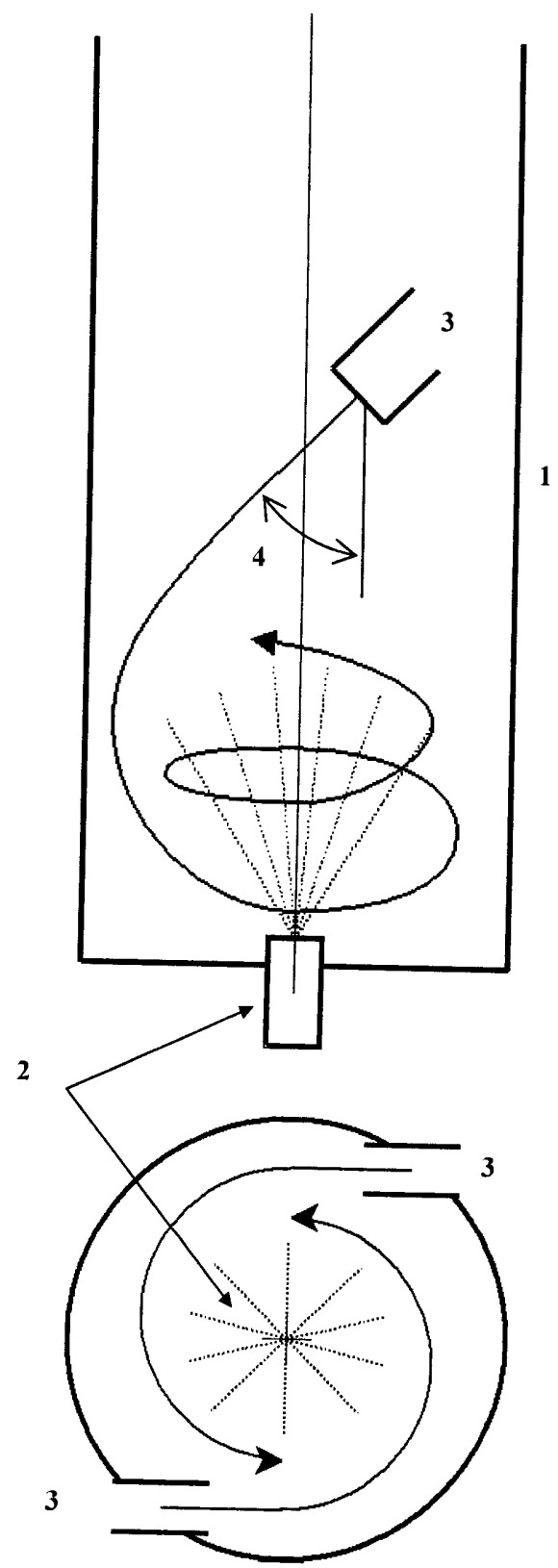


Obr. 4

3/3

00.10.11

PV2011-784



Obr. 5