

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

38 061

(13) Druh dokumentu: U1

(51) Int. Cl.:

F04B 43/12 (2006.01)
F04B 53/16 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: 2024-41719
(22) Přihlášeno: 22.01.2024
(47) Zapsáno: 20.08.2024

(73) Majitel:
České vysoké učení technické v Praze, Praha 6,
Dejvice, CZ

(72) Původce:
prof. Ing. Michael Valášek, DrSc., Praha 4,
Komořany, CZ
Ing. Hynek Chlup, Unhošť, CZ
Lukáš Horný, Praha 6, Řepy, CZ
Ing. Zdeněk Neusser, Ph.D., Buštěhrad, CZ
Jan Navrátil, Praha 6, Veleslavín, CZ
Pavla Pelinková, Velká Skrovnice, CZ

(74) Zástupce:
Ing. Karel Novotný, patentový zástupce, Žufanova
1099/2, 163 00 Praha 6, Řepy

(54) Název užitého vzoru:
Peristaltické čerpadlo pro dopravu tekutin
nebo suspenze

CZ 38061 U1

Peristaltické čerpadlo pro dopravu tekutin nebo suspenze

Oblast techniky

5

Technické řešení se týká peristaltického čerpadla obsahujícího průtočnou trubici pro dopravu tekutin nebo suspenze a aktuátory ovlivňující změnu průřezu průtočné trubice.

10 Dosavadní stav techniky

Peristaltická čerpadla vznikla v přírodě. Peristaltický pohyb pevných, kapalných i plynných látek je znám např. z trávicí soustavy savců, plazů, červů a dalších živočišných druhů. Peristaltický, postupně se vlnící pohyb je znám jako způsob transportu např. plžů, mlžů, plazů, některého typu hmyzu atd.

Byly postaveny jejich technické ekvivalenty. Jsou rotační a lineární. Většinou s jedním pohonem. Jsou ale i s více než s jedním pohonem. Pohony jsou umístěny na rámu, o který se opírají. V přírodě jsou jen pohony, které vyvíjejí sílu jen v jednom směru jako svaly.

20

Forma peristaltického čerpadla byla popsána v The Mechanics Magazine v roce 1845. Čerpadlo používalo koženou hadici, která se nemusela po uvolnění válečky sama otevřít, místo toho se spoléhalo na to, že přitékající voda má dostatečný tlak k naplnění otevřeného vstupního konce každého cyklu. Peristaltické čerpadlo bylo poprvé patentováno ve Spojených státech Rufusem Porterem a J. D. Bradleym v roce 1855 (dokument číslo US 12753 A) jako studniční čerpadlo a později Eugenem Allenem v roce 1881 (dokument číslo US 249285 A) na krevní transfuze. Byl vyvinut kardiochirurgem Dr. Michaellem DeBakeyem pro krevní transfuze, když byl studentem medicíny v roce 1932 a později jej použil pro systémy kardiopulmonálního bypassu. Specializované neokluzivní válečkové čerpadlo (dokument číslo US 5222880 A) využívající měkké ploché hadičky bylo vyvinuto v roce 1992 pro kardiopulmonální bypass systémy. Dalšími dokumenty jsou např. CZ 307764 B6, CZ 306668 B6, CA 2636000 A1, US 11635073 B2, CN 207093348 U, US 10385839 B2, US 10830227 B2, US 10518027 B2.

Nevýhodou dosavadních peristaltických čerpadel je, že jejich frekvence pohybu je dána rychlostí samovolného obnovení deformované poddajné trubice do nezdeformované, tj. počáteční geometrie. Další nevýhodou je vysoká míra deformování pracovní části trubice spojená s cyklickým zatěžováním většinou pouze v tlaku. Vysoká cyklická deformace, v tahu nebo v tlaku, společně s působením čerpaného media snižují životnost pracovního segmentu (aktivní části trubice). Mohou vznikat poškození na nano a mikro úrovni na a ve stěně pracovní trubice. Tím vzniká iniciace trhlin nebo nežádoucí např. chemické reakce materiálu trubice s čerpaným médiem.

Cílem tohoto technického řešení je peristaltické čerpadlo pro dopravu tekutin nebo suspenze, které nemusí být umístěno na rámu (aby mohlo být uvnitř lidského těla a síly v čerpadle se samy o sobě kompenzovaly) a které nemá rychlost čerpání omezenou rychlostí relaxace deformované poddajné trubice (aby mělo větší výkon než dosavadní a aby rychlost čerpání byla dána jen výkonem pohonu/pohonů) a které může formovat průběh tlakové vlny v čerpadle (aby částice např. krvinky v čerpané tekutině nebyly poškozovány).

50 Podstata technického řešení

Podstata peristaltického čerpadla obsahujícího průtočnou trubici pro dopravu tekutin nebo suspenze a aktuátory ovlivňující změnu průřezu průtočné trubice spočívá v tom, že průtočná trubice prochází vnější trubicí, mezi níž a průtočnou trubicí je uspořádán alespoň jeden aktuátor se sklonem přitlačné plochy k průtočné trubicí a s jednocestnými ventily v průtočné trubicí před a za

místem jejího stlačení aktuátorem, nebo alespoň dva aktuátory v řadě, připevněné k vnější trubici a spojené s průtočnou trubicí nebo dosedající na průtočnou trubicí. K vnější trubici mohou být připevněny alespoň dva protilehlé aktuátory uspořádané proti sobě na opačných stranách od průtočné trubice a spojené s průtočnou trubicí nebo dosedající na průtočnou trubicí. K vnější trubici
 5 mohou být připevněny aktuátory stejné nebo různé šířky v řadě. Aktuátory jsou připevněné na průtočnou trubicí nebo na ni dosedají, mohou být připevněny k průtočné trubicí nebo vnější trubici paralelogramem nebo čtyřkloubovým mechanismem nebo vačkou. Přítlačná plocha aktuátoru má konvexní a/nebo konkávní tvar. Aktuátory jsou opatřeny čidly tlaku, čidly síly přítlaku a čidly pohybu a vnější trubice je opatřena čidlem tlaku a čidlem průtoku. Aktuátor je
 10 případně svisle uložen na vnější trubici a spojen s táhly pro stlačení průtočné trubice. Alespoň dva aktuátory jsou případně rotační kolem osy průtočné trubice a jsou spojeny s vlákny připevněnými na svém druhém konci k průtočné trubicí. Alternativně jsou k vnější trubici připojeny dva aktuátory obepínající zčásti průtočnou trubicí a dva aktuátory připojené k vnější trubici na opačné straně a obepínající zčásti průtočnou trubicí. Průtočná trubice může mít proměnlivý průřez a průtočná
 15 trubice a vnější trubice jsou případně zakřivené. Aktuátory mohou být tvořeny pasivní pružinou.

Výhodou tohoto peristaltického čerpadla pro transport tekutin nebo suspenze je jeho konstrukce, která nevyžaduje rám, dále možnost zvýšení účinnosti čerpání nucenou změnou průřezu zvětšením průtočné trubice, což přináší i nezávislost na časové konstantě návratu deformované průtočné
 20 trubice do původního stavu, a rovněž je výhodou možnost řízení průběhu tlakové vlny v průtočné trubicí.

Objasnění výkresů

25 Na příložených obrázcích je schematicky znázorněno peristaltické čerpadlo, kde jednotlivé obrázky (obr. 1 až 27) znázorňují jeho jednotlivá alternativní provedení nebo jednotlivé jeho části.

Příklady uskutečnění technického řešení

Na obr. 1 je znázorněno jedno z provedení peristaltického čerpadla v radiálním a podélném řezu. Čerpadlo sestává z průtočné trubice 1, která je uspořádána uvnitř vnější trubice 2. Mezi průtočnou
 35 trubicí 1 a vnější trubicí 2 jsou uspořádány aktuátory 3. Průtočná trubice 1 je obvykle elastická (poddajná), která se po deformaci vrací působením akumulované deformační energie a tlakové energie tekutiny do původního nedeformovaného stavu. Aktuátorů 3 je s výhodou obvykle více jak v radiálním směru (8 aktuátorů na řezu vlevo), tak v podélném směru (3 řady aktuátorů na řezu vpravo). Aktuátory 3 jsou v radiálním směru (v jedné řadě (řezu)) rozmístěny přibližně protilehle
 40 tak, aby se jejich reakční síly ve vnější trubicí 2 vzájemně kompenzovaly (jejich součet je nulová výslednice). Výhoda aktuátorů 3 je, že mohou působit tlakem i tahem, jak je naznačeno šipkami 9 jejich možné silové působení a možný pohyb.

Na obr. 2 jsou znázorněny možnosti deformace průtočné trubice 1 pomocí aktuátorů 3 v jedné řadě (řezu) z obr. 1. Na obr. 2a je průtočná trubice 1 stlačena aktuátory 3 ve vertikálním směru, přičemž
 45 v horizontálním směru může být roztahována dvěma protilehlými vodorovnými aktuátory 3. Na obr. 2b je obdobně jako na obr. 2a znázorněno stlačení průtočné trubice 1 aktuátory 3 v horizontálním směru. Na obr. 2c je znázorněno roztahování průtočné trubice 1 aktuátory 3 shodně ve všech směrech. Průřez průtočné trubice 1 je tak významně zvětšen. To právě dosavadní peristaltická čerpadla neumožňovala. Na obr. 2d a 2e je znázorněno postupné stlačení průtočné
 50 trubice 1 pomocí aktuátorů 3 do tvaru hvězdice. Různé deformované tvary svým střídáním umožňují snížit únavové namáhání průtočné trubice 1. Pokud dochází ke stlačování průtočné trubice 1, pak aktuátory 3 nemusí být pevně spojeny s průtočnou trubicí 1. Pokud dochází k roztahování průtočné trubice 1, pak aktuátory 3 musí být pevně spojeny s průtočnou trubicí 1.

55 Na obr. 3 je podélný řez jednou variantou peristaltického čerpadla v hlavních fázích jeho činnosti.

Peristaltické čerpadlo je tvořeno jednou řadou aktuátorů 3, kterých je v radiálním řezu nejméně čtyři, aby mohly vytvářet deformovaný průřez, jak je patrné z obr. 2a, 2b a 2c. Aktuátory 3 mohou být ale i jen dva protilehlé za předpokladu pasivního uchycení průtočné trubice 1 k vnější trubici 2 ve směru kolmém k působení aktuátorů 3, např. pružinou. Peristaltické čerpadlo je opatřeno
 5 jednocestnými ventily 4 před a za řadou aktuátorů 3 ve směru 5 průtoku. Obr. 3a představuje výchozí stav s nedeformovanou průtočnou trubicí 1. Cyklus fází činnosti peristaltického čerpadla je přechod ze stavu na obr. 3a do stavu na obr. 3b, který představuje zvětšení průřezu průtočné trubice 1 dle obr. 2c a tím nasátí čerpané tekutiny. Další fází je stlačení průtočné trubice 1 znázorněné na obr. 3c. Pak následuje fáze znázorněná na obr. 3a a cyklus se opakuje. To vede
 10 k otevření jednocestného ventilu 4 za a zavření jednocestného ventilu 4 před aktuátory 3. Toto je zcela nový způsob čerpání peristaltickým čerpadlem pomocí nasávání, jak je patrné na obr. 3b. Cyklus je dán opakující se posloupností obr. 3a-3b-3c-3a.

Tradiční cyklus peristaltického čerpadla by byl přechod fází z obr. 3a do obr. 3c (bez nasávání ve
 15 fázi obr. 3b) a opět do obr. 3a, tedy cyklus daný opakující se posloupností obr. 3a-3c-3a.

Na obr. 4 je úprava varianty peristaltického čerpadla z obr. 3 tím, že vedle jednocestných ventilů 4 jsou před a za aktuátory 3 z obr. 3 umístěny užší aktuátory 3, které mohou nahradit jednocestné ventily 4 postupem podle obr. 9. V případě selhání činnosti jednocestných ventilů 4 by byly užity
 20 tyto užší aktuátory 3 do doby opravy jednocestných ventilů 4. Na tomto obrázku jsou znázorněny dvě hlavní opakující se fáze činnosti čerpadla.

Na obr. 5 je další varianta peristaltického čerpadla v podélném řezu. Je tvořena dvěma sadami
 25 aktuátorů 3 v podélném směru. Uspořádání aktuátorů v radiálním směru je obdobné jako u varianty na obr. 3. Obr. 5a představuje výchozí stav s nedeformovanou průtočnou trubicí 1. Cyklus fází činnosti peristaltického čerpadla je přechod stavu z obr. 5a do stavu na obr. 5b, který představuje stlačení průtočné trubice 1 podle obr. 2a nebo 2b u první sady aktuátorů 3 ve směru 5 čerpání a současně zvětšení průřezu dle obr. 2c u následující sady aktuátorů 3 ve směru 5 čerpání a tím nasátí čerpané tekutiny. Další fází na obr. 5c je stlačení průtočné trubice 1 podle obr. 2a nebo 2b
 30 i u následující sady aktuátorů 3 ve směru 5 čerpání. Pak následuje fáze na obr. 5d, kdy nastane zvětšení průřezu dle obr. 2c u první sady aktuátorů 3 ve směru 5 čerpání a tím nasátí čerpané tekutiny. Pak následuje na obr. 5e přechod do fáze na obr. 5b, kdy průtočná trubice 1 je první sadou aktuátorů 3 stlačena a průtočná trubice 1 následující sadou aktuátorů 3 je zvětšena a cyklus se opakuje.

Na obr. 6 je znázorněno jiné užití varianty řešení čerpadla z obr. 5. Ze stavu na obr. 5a je první fází
 35 přechod do stavu na obr. 6a, který odpovídá stavu na obr. 5b. Rozdíl je, že průtočná trubice 1 nemá zvětšen průřez a její průřez zůstává shodný jako na obr. 5a. Následuje fáze na obr. 6b se stlačením obou sad aktuátorů 3 shodně jako na obr. 5c. Pak následuje fáze na obr. 6c s otevřením průtočné trubice 1 na původní průřez u první sady aktuátorů 3, která odpovídá fázi na obr. 5d, ale bez zvětšení průřezu. Konečně je přechod do stavu na obr. 6d, který je shodný se stavem na obr. 6a, který odpovídá stavu na obr. 5e, ale bez zvětšení průřezu.

Na obr. 7 je znázorněna v podélném řezu obdoba řešení z obr. 5, ale se třemi sadami aktuátorů 3
 45 v podélném směru 5 čerpání. Uspořádání aktuátorů 3 v radiálním směru je obdobné jako u varianty na obr. 3. Obr. 7a představuje výchozí stav s nedeformovanou průtočnou trubicí 1. Cyklus fází činnosti peristaltického čerpadla je přechod stavu z obr. 7a do stavu na obr. 7b, který představuje stlačení průtočné trubice 1 podle obr. 2a nebo 2b u první sady aktuátorů 3 ve směru 5 čerpání a současně zvětšení průřezu dle obr. 2c u následující sady aktuátorů 3 ve směru 5 čerpání a tím
 50 nasátí čerpané tekutiny. Další fází na obr. 7c je zvětšení průřezu dle obr. 2c u poslední sady aktuátorů 3 ve směru 5 čerpání, a tím nasátí čerpané tekutiny. Následuje fáze na obr. 7d, kdy průtočná trubice 1 je stlačena podle obr. 2a nebo 2b u prvních dvou sad aktuátorů 3 ve směru 5 čerpání, a tím dojde k vytlačení čerpané tekutiny z průtočné trubice 1 pod prostřední sadou aktuátorů 3. Potom ve fázi na obr. 7e je průtočná trubice 1 stlačena prostředními a posledními
 55 sadami aktuátorů 3 ve směru 5 čerpání a současně je průtočná trubice 1 rozšířena první sadou

aktuátorů 3 ve směru 5 čerpání, kde je nasáta čerpaná tekutina. Na obr. 7f je znázorněna následující fáze, kdy je průřez průtočné trubice 1 sadou prostředních aktuátorů 3 zvětšen a průřez průtočné trubice 1 je první sadou aktuátorů 3 ve směru 5 čerpání přiveden do nedeformovaného průřezu. To je přechod do fáze na obr. 7b a celý cyklus čerpání se opakuje.

Na obr. 8 je schematicky znázorněna v podélném řezu obdoba řešení z obr. 7, kdy ale nedochází ke zvětšování průřezu průtočné trubice 1 oproti výchozímu stavu na obr. 7a. V jednotlivých fázích na obr. 8a až 8e je znázorněna cesta vlny čerpání tekutiny skrze peristaltické čerpadlo. Fáze na obr. 8e je shodná s obr. 8a a vytváří cyklus činnosti čerpadla.

Na obr. 9 je schematicky znázorněna v podélném řezu obdoba řešení z obr. 8, kdy první a poslední sada aktuátorů je tvořena užšími aktuátory 3, které plní funkci jednocestných ventilů 4. Výchozí stav je na obr. 9a. Na obr. 9b je vstup čerpadla uzavřen. Na obr. 9c je vytlačena čerpaná tekutina. Na obr. 9d je výstup čerpadla uzavřen a opět otevřen vstup čerpadla. Na obr. 9e je opět otevřeným vstupem čerpadla způsobeno, že čerpaná tekutina zaplní průtočnou trubici 1 pod prostřední sadou aktuátorů 3. Na to navazuje fáze na obr. 9b.

Na obr. 10 je schematicky znázorněna varianta, kdy pasivní jednocestné ventily 4 jsou posíleny nad nimi umístěnými sadami úzkých aktuátorů 3. Úzké aktuátory 3 zmenší nebo uvolní nebo zvětší průřez průtočné trubice 1, a tak pomohou uzavírání nebo otevírání průtočné trubice 1 jednocestnými ventily 4.

Na obr. 11 je schematicky znázorněna varianta, kdy jsou použity čtyři sady aktuátorů 3 v podélném směru. Počet sad aktuátorů může být i větší. Větší počet sad aktuátorů může urychlit tok vlny čerpané tekutiny podle obr. 8.

Na obr. 12 je schematicky v podélném řezu znázorněno umístění a užití různých čidel pro řízení činnosti peristaltického čerpadla. Na vstupu a výstupu peristaltického čerpadla jsou umístěna čidla 10 tlaku. Na výstupu peristaltického čerpadla je umístěno čidlo 13 průtoku. Každý aktuátor 3 může být opatřen čidly 10 tlaku, čidly 11 síly, čidly 12 pohybu aktuátoru 3 pro určení polohy, rychlosti, zrychlení a elektrického proudu (nebo toku jiné energie).

Na obr. 13 je schematicky v podélném řezu znázorněno jiné řešení první sady aktuátorů 3 ve směru 5 čerpání s konceptem řešení podle obr. 6. Aktuátory 3 se sklonem přitlačné plochy k průtočné trubici 1 se pohybují tak, že jako klín sevrou průtočnou trubici 1 na začátku ve směru 5 čerpání na obr. 13a a 13b. Následně pak dojde k sevření průtočné trubice 1 po celé délce první sady aktuátorů 3 ve směru 5 čerpání na obr. 13c. Tím dojde k vytlačení čerpané tekutiny ve směru 5 čerpání, a tak zlepšení čerpání ve směru 5 čerpání.

Na obr. 14 je schematicky v podélném řezu znázorněno užití jiné sady aktuátorů 3 než podle obr. 13 pro variantu podle obr. 9. Na obr. 14a je výchozí stav otevřené průtočné trubice 1. Na obr. 14b se uzavře průtočná trubice 1 první sadou aktuátorů 3 ve směru 5 čerpání jako jednocestných ventilů 4. Na obr. 14c se sevře průtočná trubice 1 jako klínem druhou sadou aktuátorů ve směru 5 čerpání. Na obr. 14d dojde k sevření průtočné trubice 1 po celé délce druhé sady aktuátorů 3 ve směru 5 čerpání. Na obr. 14e se uzavře průtočná trubice 1 třetí sadou aktuátorů 3 ve směru 5 čerpání jako jednocestných ventilů 4. Na obr. 14f dojde k otevření průtočné trubice 1 pod první a druhou sadou aktuátorů 3 ve směru 5 čerpání. Pak dojde k návratu do výchozího stavu na obr. 14a. Na obr. 14c až 14f je zřejmé, že pro pohyb druhé sady aktuátorů 3 ve směru 5 čerpání jako klínu (obr. 14c) a pak sevření po celé délce (obr. 14d a 14e) - tedy rovinného pohybu posuvu a rotace aktuátorů 3, je užito dvou posuvných aktuátorů 3₁ a 3₂. Jde však o poddajné mechanismy, aby popisované pohyby byly uskutečněny.

Na obr. 15 je schematicky v podélném řezu znázorněno řešení pohybu sady aktuátorů 3 jako klínu pomocí jen jednoho aktuátoru 3₁ a dvou posuvných vedení 6. Pokud je klín aktuátoru 3 veden v obou posuvných vedeních 6 na obr. 15a, pak dochází jen k posuvu klínu aktuátoru 3 směrem

k průtočné trubici 1 působením posuvu aktuátoru 3₁. Po dosažení konce jednoho posuvného vedení 6 a opuštění druhého posuvného vedení 6 dojde působením posuvu aktuátoru 3₁ k rotaci klínu aktuátoru 3 a uzavírání průtočné trubice 1 po délce aktuátorů 3. Jde však o poddajné mechanismy, aby popisované pohyby byly uskutečněny, nebo by aktuátor 3₁ byl spojen s aktuátorem 3 jako klínem pomocí rotačního kloubu.

Na obr. 16 je schematicky v podélném řezu znázorněno několik tvarů aktuátorů 3. Na obr. 16a je úzký aktuátor 3 se spojitým konvexním tvarem. To umožňuje rychlejší uzavření průtočné trubice 1. Na obr. 16b je širší aktuátor 3 s konvexní a konkávní částí aktuátoru 3, který umožňuje uzavření průtočné trubice 1 a vytlačení tekutiny ve směru 5 čerpání. Na obr. 16c je širší aktuátor 3 jen s konvexní částí aktuátoru 3, který umožňuje uzavření průtočné trubice 1 a vytlačení tekutiny ve směru 5 čerpání.

Na obr. 17 jsou schematicky v příčném řezu znázorněny varianty řešení, kdy vnější trubice 2 není uzavřena a tvoří jen vnější oporu aktuátorů 3 a během jejich pohybu 9 vnější trubice 2 vede ke vzájemné kompenzaci sil aktuátorů 3 tak, že nevznikají výsledné síly, které by bylo nutné kotvit do rámu. Tuto vzájemnou kompenzaci sil zajišťuje uzavřená vnější trubice 2, ale její uzavřenost pro to není nutná. Na obr. 17a je neuzavření vnější trubice 2 jen na jednom místě, na obr. 17b na více místech a na obr. 17c aktuátory 3 jsou větší než vzdálenost mezi průtočnou trubicí 1 a vnější trubicí 2, přičemž trubice mohou být s nekruhovým průřezem. Výhodou neuzavřené vnější trubice 2 je snazší montáž peristaltického čerpadla kolem existující průtočné trubice 1 a možnost shodného média mezi průtočnou trubicí 1 a vnější trubicí 2 a vnějším prostředím vně vnější trubice 2. Ve všech případech jsou aktuátory 3 pevně upevněny ve vnější trubicí 2 a pohybují se jen ve směru k průtočné trubicí 1. Znázorněné neuzavření vnější trubice 2 představuje otvor ve vnější trubicí 2 po její celé délce nebo jen lokální otvor. Vždy jsou všechny části vnější trubice 2 vzájemně propojeny a posléze připevněny k průtočné trubicí 1 podle obr. 23.

Na obr. 18 je schematicky v podélném řezu znázorněna varianta peristaltického čerpadla s rotačním tvarem. Tato varianta pomocí více aktuátorů ukazuje, že popisované peristaltické čerpadlo může mít průtočnou trubicí 1 zakřivenou, nemusí být přímá. V daném variantě je tvar průtočné trubice v podélném řezu rotační.

Na obr. 19 je schematicky v podélném řezu znázorněna varianta peristaltického čerpadla využívající podélnou poddajnost průtočné trubice 1. Na obr. 19a je pohon aktuátorů 3 realizován mechanismem paralelogramu 7. Ve výchozí fázi na obr. 19a dochází ke stlačování průtočné trubice 1 pohybem 9. Na obr. 19b v následující fázi (do které výchozí fáze plynule přechází) probíhá pohyb 9 stlačené průtočné trubice 1 ve směru 5 čerpání tekutiny právě využitím podélné poddajnosti průtočné trubice 1. Tím se uvnitř průtočné trubice 1 vytváří čerpací vlna tekutiny. Na obr. 19c je průtočná trubice 1 uvolněna. Na obr. 19d je přesun aktuátoru 3 do výchozí fáze uvedené na obr. 19a. Paralelogram 7 zřetelně ukazuje postup čerpání tekutiny, vyžaduje však rozsáhlý pohyb aktuátoru 3 se ztrátou kontaktu s průtočnou trubicí 1. Pro rozsáhlý pohyb aktuátoru 3 v daném případě musí být neuzavřená vnější trubice 2. To vše lze odstranit náhradou paralelogramu 7 čtyřkloubovým mechanismem, který se může zcela pohybovat v prostoru mezi průtočnou a vnější trubicí a který nemusí ztrácet kontakt s průtočnou trubicí 1 v žádné fázi činnosti peristaltického čerpadla. Příklad takového čtyřkloubového mechanismu je na obr. 20. Rotační náhon 14 mechanismu zajistí pohyb 9 aktuátoru 3.

Na obr. 21 je realizace mechanismu pro variantu z obr. 19 a 20 pomocí vačky. Aktuátor 3 ve formě vačky se otáčí a postupně způsobuje deformaci stlačením průtočné trubice 1, její posuv ve směru 5 čerpání tekutiny, uvolnění průtočné trubice 1 a její návrat do výchozího stavu. Jednotlivé fáze čerpání jsou obr. 21a-21b-21c-21d-21a.

Na obr. 22 je schematicky v podélném řezu znázorněna varianta peristaltického čerpadla z obr. 19, kde podélná poddajnost průtočné trubice 1 je posílena nebo i nahrazena vlnovcem (kompenzátorem) 8.

- Na obr. 23 je schematicky v podélném řezu znázorněno, že poddajnost průtočné trubice 1 může vést k akumulaci čerpané tekutiny deformací (zvětšením, nafouknutím) průtočné trubice 1 mezi dvěma řadami aktuátorů 3, mezi kterými je odstup, např. ve variantě na obr. 6. Na obr. 23 je také znázorněno, že vnější trubice 2 je posléze připevněna k průtočné trubici 1 a skrze toto připevnění se veškeré silové účinky aktuátorů 3 vzájemně ve všech směrech kompenzují jak přes vnější trubici 2, tak přes průtočnou trubici 1. Popisované peristaltické čerpadlo tak nepotřebuje vnější rám.
- Na obr. 24 je schematicky v podélném řezu znázorněno, jak pohyb náhonu 14 aktuátoru 3 v podélném směru realizuje skrze táhla 15 pohyb průtočné trubice 1 ve směru 9. Pohyb aktuátorů 3 v podélném směru může být delší než pohyb táhel 15 v příčném směru. Vlastní stlačení průtočné trubice 1 provádějí táhla 15.
- Na obr. 25 je schematicky v příčném a podélném řezu znázorněn jiný způsob aktuace deformace průtočné trubice 1. Aktuátory 3 jsou zde tvořeny aktuátory, které jsou schopny kontrakce a uvolnění. Působí ve dvojicích v souběžných rovnoběžných rovinách. Ve výchozí fázi nedeformované průtočné trubice 1 jsou znázorněny na obr. 25a až 25c. Po kontrakci aktuátorů 3 ve dvou souběžných rovnoběžných rovinách vlevo je deformace průtočné trubice 1 znázorněna na obr. 25d až 25f. Po uvolnění kontrakce aktuátorů 3 dojde k restituci deformace průtočné trubice 1 a aktuátorů 3 do původního stavu na obr. 25a až 25c. Postup činnosti peristaltického čerpadla je obdobný variantě na obr. 6, zde jde o alternativu aktuátorů 3.
- Na obr. 26 je schematicky v příčném a podélném řezu znázorněn zcela jiný způsob aktuace deformace průtočné trubice 1. Aktuátory 3 jsou zde tvořeny rotačními aktuátory, které zkrucují a uvolňují vlákna 16. Vlákna 16 při zkrucování stlačují průtočnou trubici 1 a způsobují její kompresi. Aktuátory 3 konají relativní rotační pohyb 14 mezi vnější trubicí 2 a průtočnou trubicí 1 a tím působí na zkrucování vláken 16 vedoucí k deformaci 17 průtočné trubice 1. Zobrazení příčného řezu odpovídá jen jedné sadě aktuátorů 3 v podélném řezu. Aktuátory 3 jsou dvě sady pohybující se protiběžně a tím vzájemně kompenzují rotační momenty.
- Na obr. 27 je schematicky v podélném a příčném řezu znázorněna varianta s minimálním počtem aktuátorů 3. Jejich minimální počet je jeden se sklonem přitlačné plochy k průtočné trubici 1 jako klínu. Princip je ten, že síly působící v tomto aktuátoru 3 se ve struktuře vnější trubice 2 s reakcemi z průtočné trubice 1 vzájemně kompenzují, tj. součet jeho reakčních sil působících na vnější trubici 2 a reakčních sil v připevnění vnější trubice 2 k průtočné trubici 1 podle obr. 23 je nula. Na obr. 27a je znázorněn nedeformovaný stav a na obr. 27b je znázorněn deformovaný stav.
- Všechny popsané varianty mohou být kombinovány. Varianty jsou znázorněny schematicky.
- Řízení aktuátorů je realizováno počítačem.

NÁROKY NA OCHRANU

1. Peristaltické čerpadlo, obsahující průtočnou trubici pro dopravu tekutin nebo suspenze a aktuátory ovlivňující změnu průřezu průtočné trubice, **vyznačené tím**, že průtočná trubice (1) prochází vnější trubicí (2), mezi níž a průtočnou trubicí (1) je uspořádán alespoň jeden aktuátor (3) se sklonem přitlačné plochy k průtočné trubicí (1) a s jednocestnými ventily (4) v průtočné trubicí (1) před a za místem jejího stlačení aktuátorem (3); nebo alespoň dva aktuátory (3) v řadě, připevněné k vnější trubicí (2) a spojené s průtočnou trubicí (1) nebo dosedající na průtočnou trubici (1).

2. Peristaltické čerpadlo podle nároku 1, **vyznačené tím**, že k vnější trubicí (2) jsou připevněny alespoň dva protilehlé aktuátory (3) uspořádané proti sobě na opačných stranách od průtočné trubice (1) a spojené s průtočnou trubicí (1) nebo dosedající na průtočnou trubici (1).

3. Peristaltické čerpadlo podle některého z předchozích nároků, **vyznačené tím**, že k vnější trubicí (2) jsou připevněny aktuátory (3) v řadě stejné nebo různé šířky.

4. Peristaltické čerpadlo podle nároku 4, **vyznačené tím**, že aktuátory (3) jsou připevněny k průtočné trubicí (1) nebo vnější trubicí (2) paralelogramem (7) nebo čtyřkloubovým mechanismem nebo vačkou.

5. Peristaltické čerpadlo podle některého z předchozích nároků, **vyznačené tím**, že přitlačná plocha aktuátoru má konvexní a/nebo konkávní tvar.

6. Peristaltické čerpadlo podle některého z předchozích nároků, **vyznačené tím**, že aktuátory (3) jsou opatřeny čidly (10) tlaku, čidly (11) síly přítlaku a čidly (12) pohybu.

7. Peristaltické čerpadlo podle některého z předchozích nároků, **vyznačené tím**, že vnější trubice (2) je opatřena čidlem (10) tlaku a čidlem (13) průtoku.

8. Peristaltické čerpadlo podle některého z předchozích nároků, **vyznačené tím**, že aktuátor (3) je suvně uložen na vnější trubicí (2) a spojen s táhly (15) pro stlačení průtočné trubice (1).

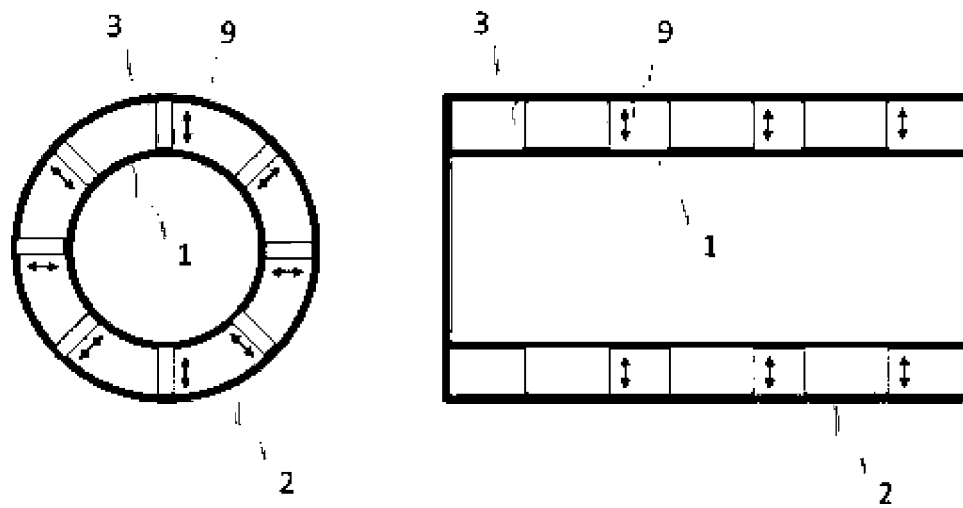
9. Peristaltické čerpadlo podle některého z předchozích nároků, **vyznačené tím**, že alespoň dva aktuátory (3) jsou rotační kolem osy průtočné trubice a jsou spojeny s vlákny (16) připevněnými na svém druhém konci k průtočné trubicí (1).

10. Peristaltické čerpadlo podle některého z předchozích nároků, **vyznačené tím**, že k vnější trubicí (2) jsou připojeny dva aktuátory (3) obepínající zčásti průtočnou trubicí (1) a dva aktuátory (3) připojené k vnější trubicí (2) na opačné straně a obepínající zčásti průtočnou trubicí (1).

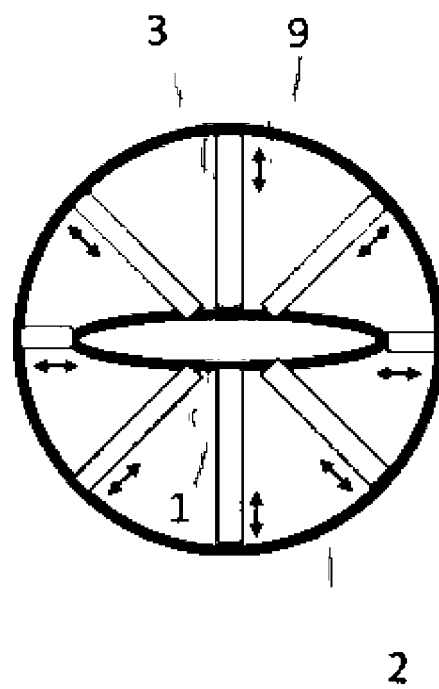
11. Peristaltické čerpadlo podle některého z předchozích nároků, **vyznačené tím**, že průtočná trubice (1) má proměnlivý průřez.

12. Peristaltické čerpadlo podle některého z předchozích nároků, **vyznačené tím**, že průtočná trubice (1) a vnější trubice (2) jsou zakřivené.

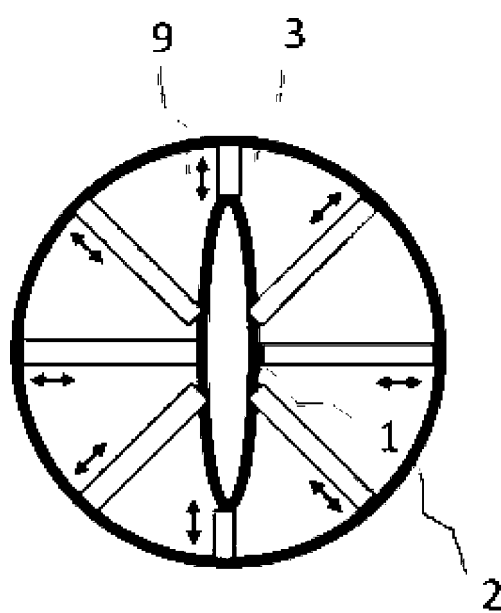
13. Peristaltické čerpadlo podle nároku 2, **vyznačené tím**, že aktuátory (3) jsou tvořeny pasivními pružinami.



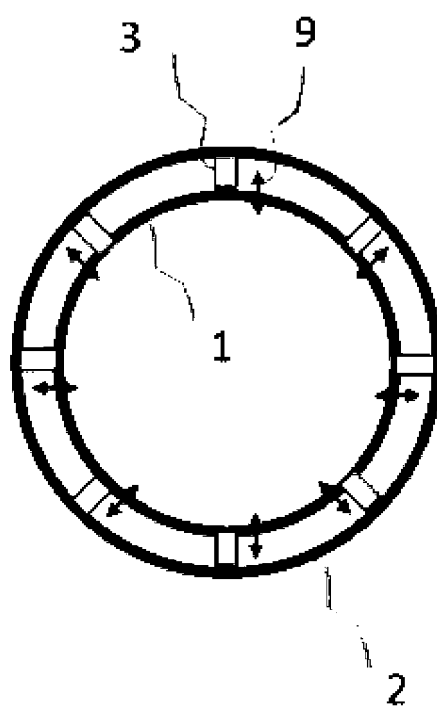
Obr. 1



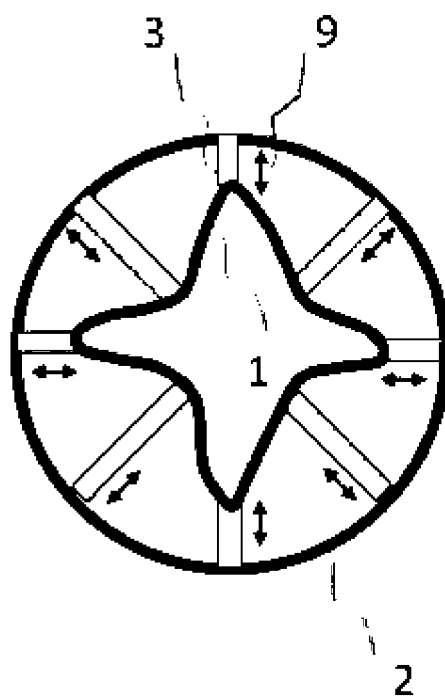
Obr. 2a



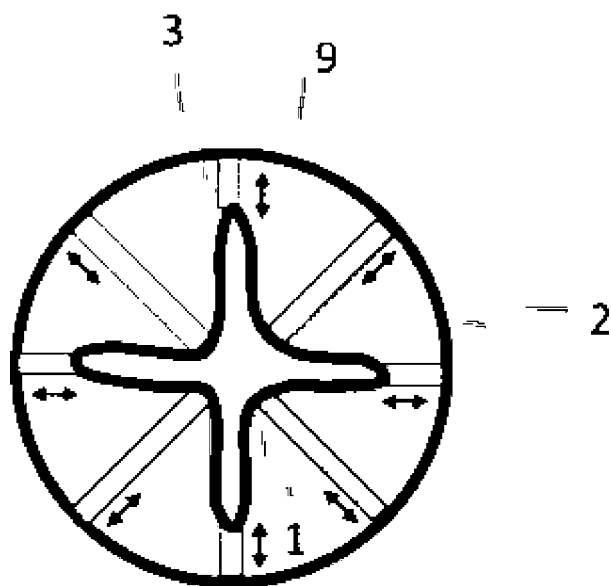
Obr. 2b



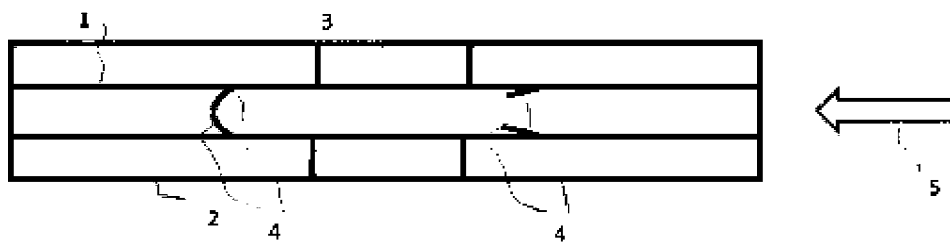
Obr. 2c



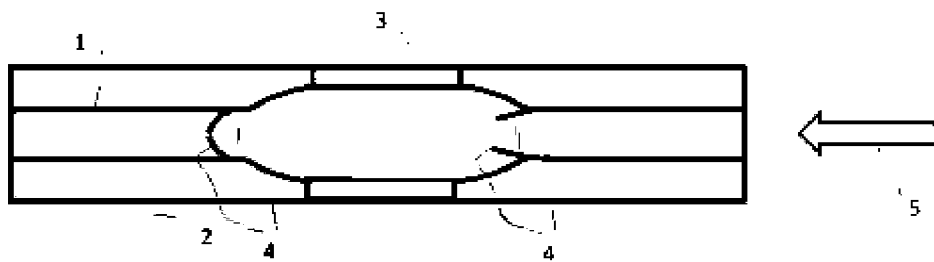
Obr. 2d



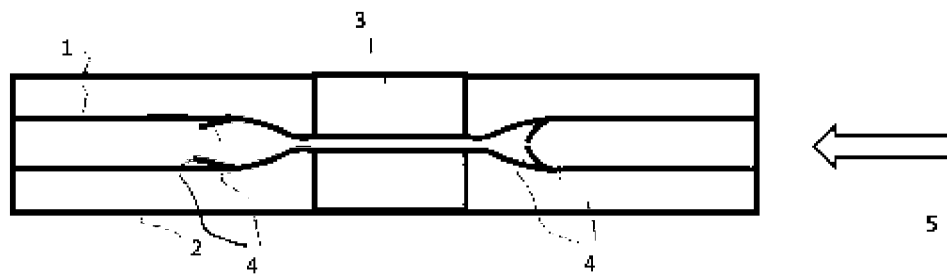
Obr. 2e



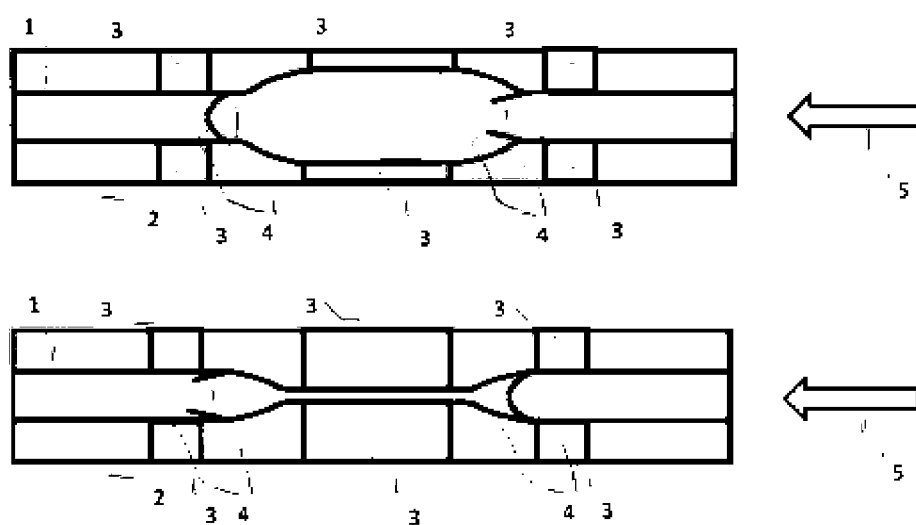
Obr. 3a



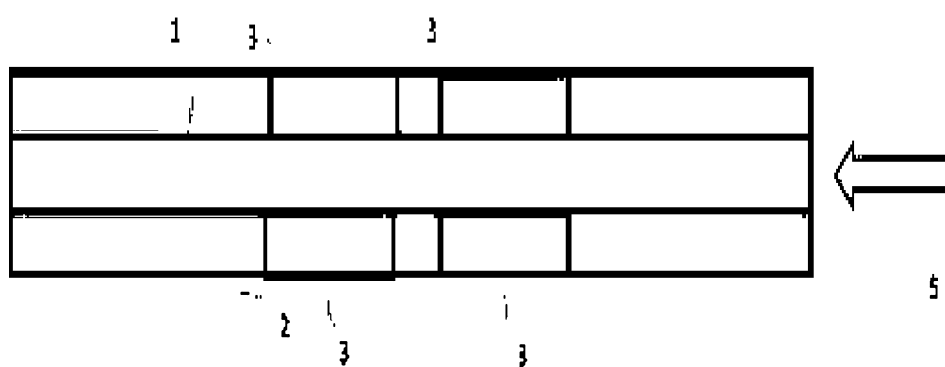
Obr. 3b



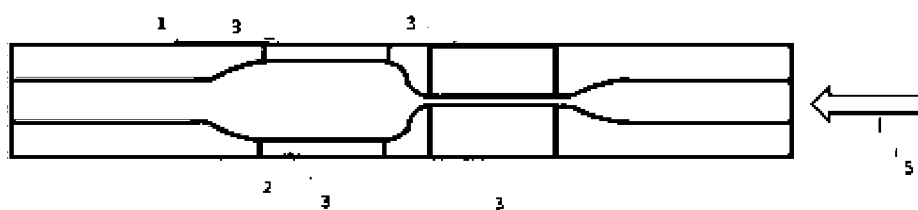
Obr. 3c



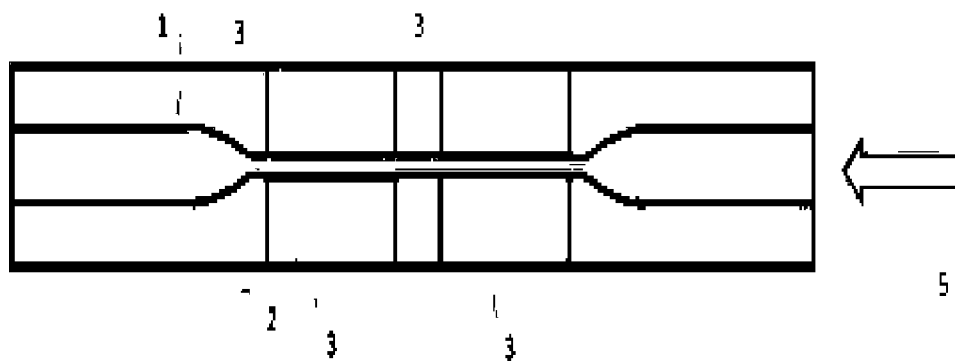
Obr. 4



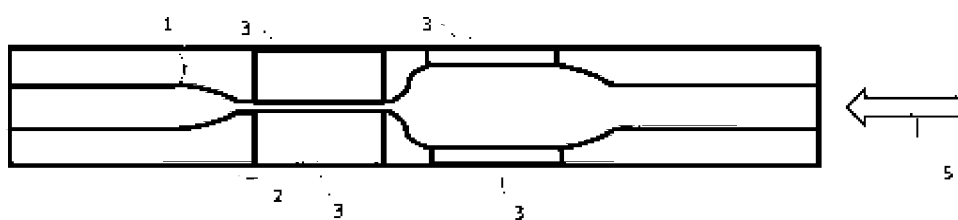
Obr. 5a



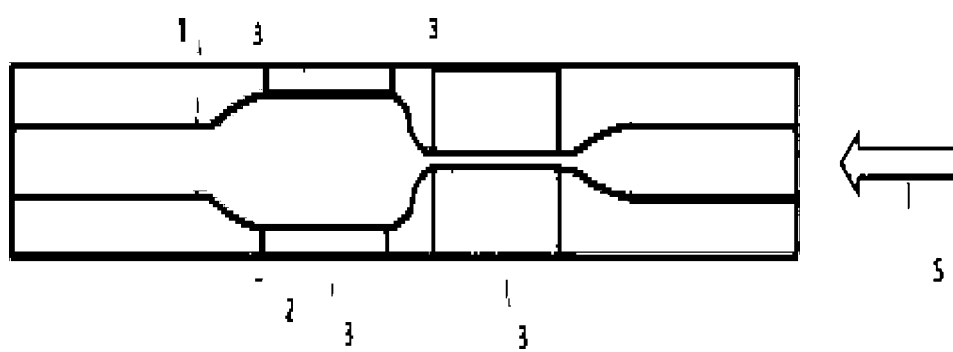
Obr. 5b



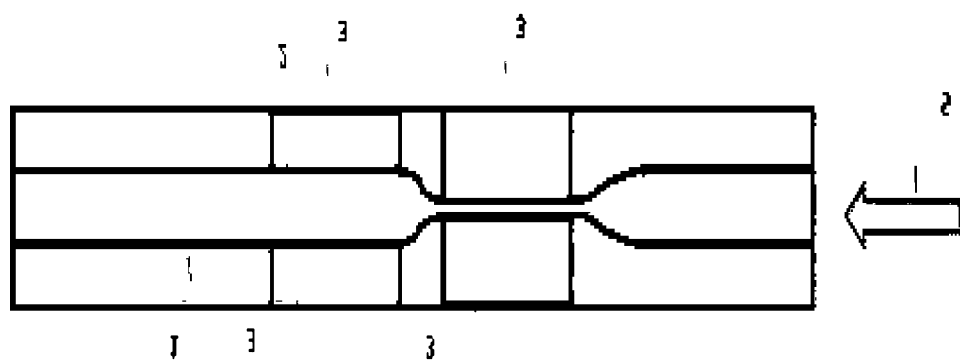
Obr. 5c



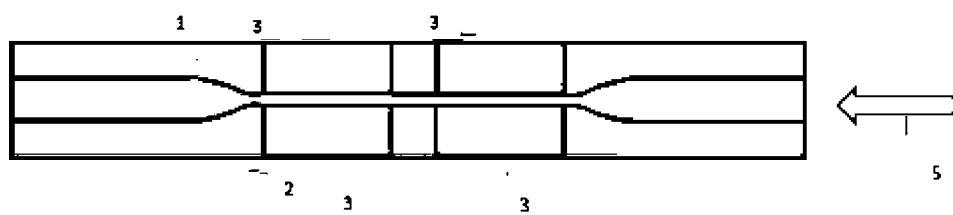
Obr. 5d



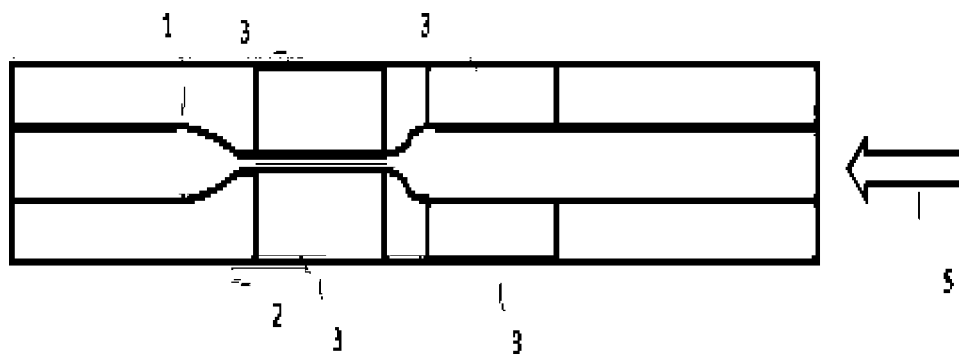
Obr. 5e



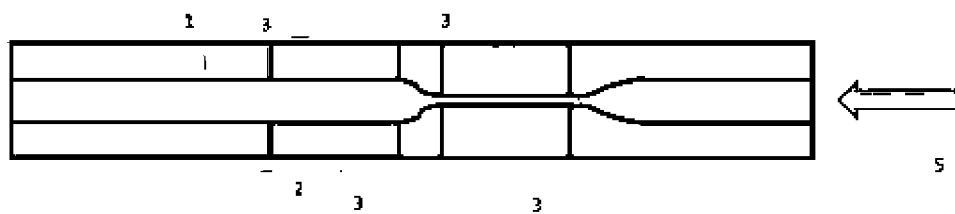
Obr. 6a



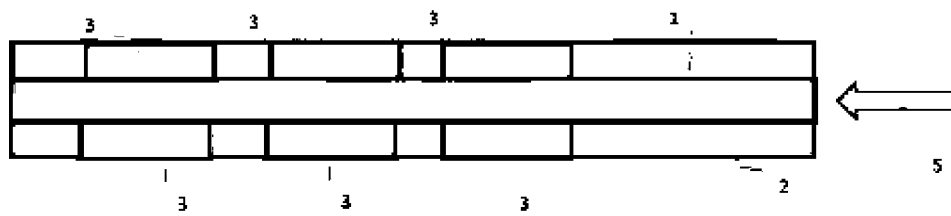
Obr. 6b



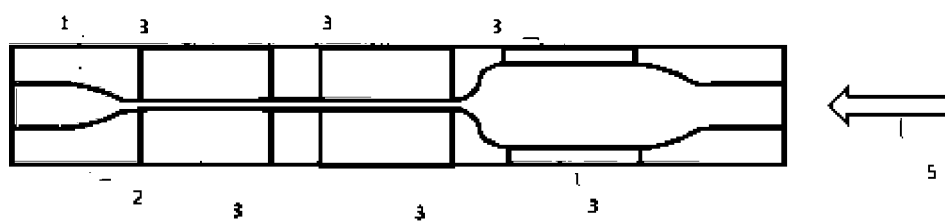
Obr. 6c



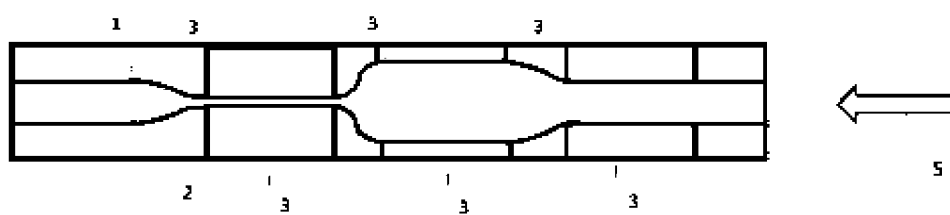
Obr. 6d



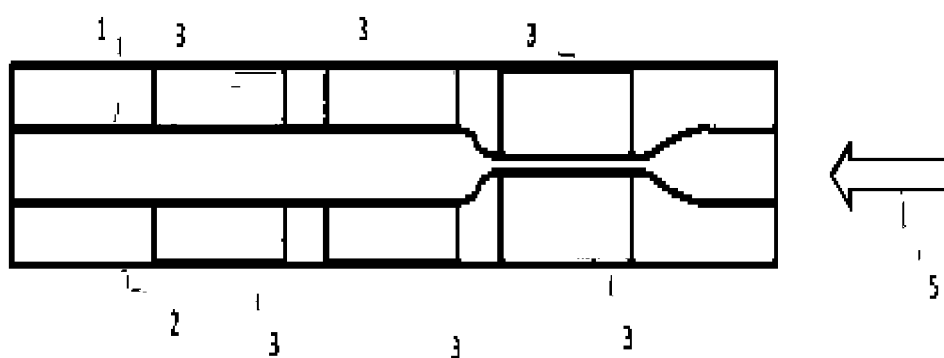
Obr. 7a



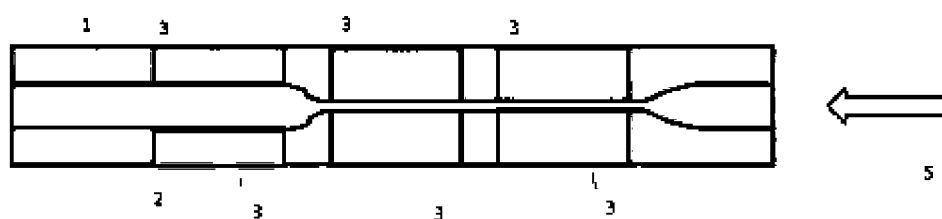
Obr. 7e



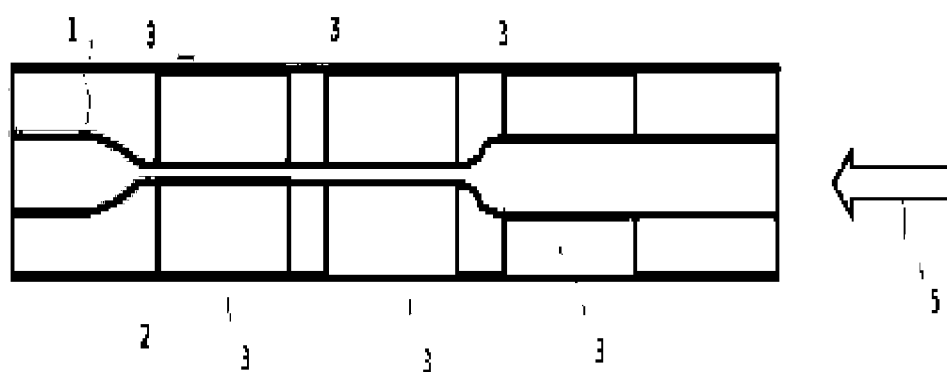
Obr. 7f



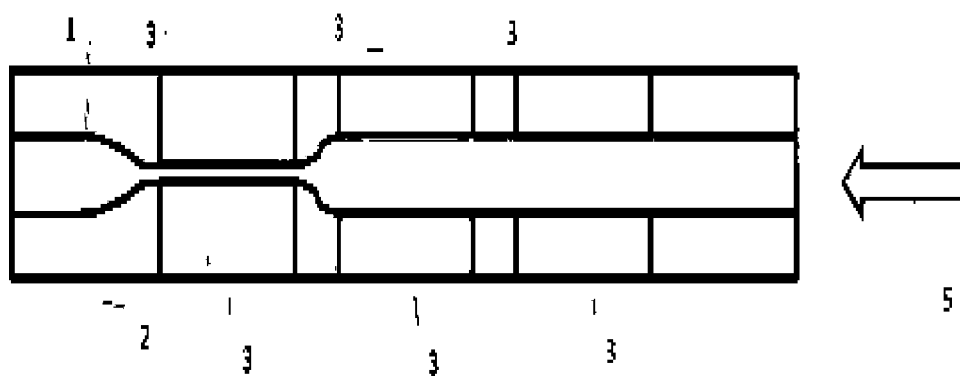
Obr. 8a



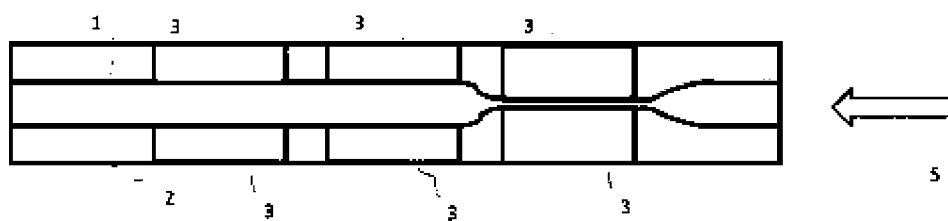
Obr. 8b



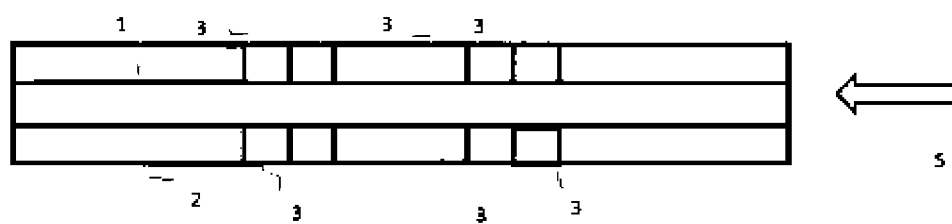
Obr. 8c



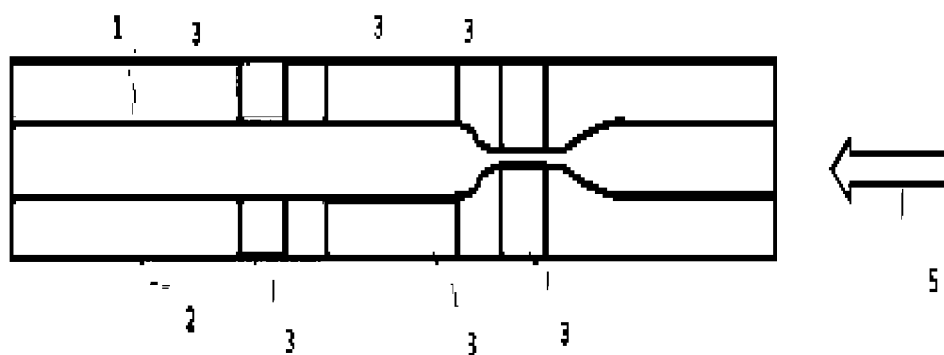
Obr. 8d



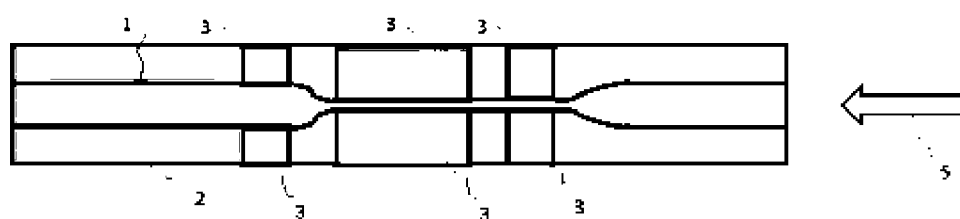
Obr. 8e



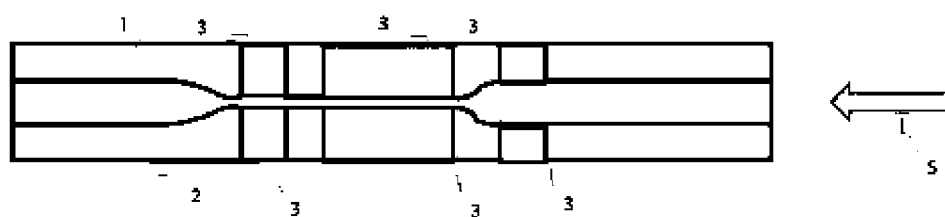
Obr. 9a



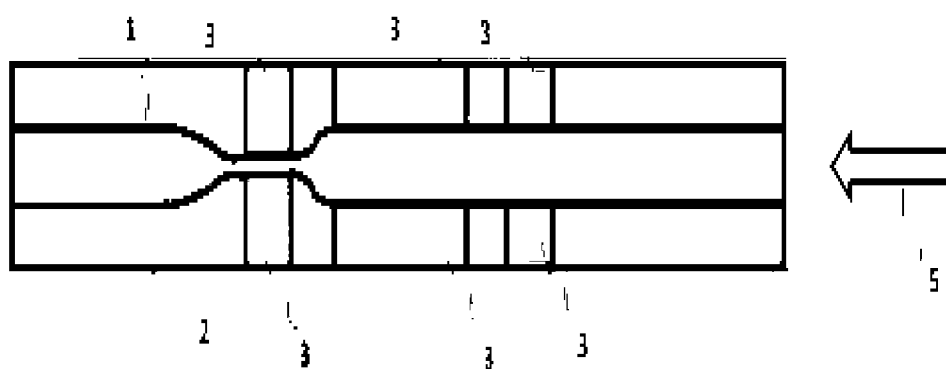
Obr. 9b



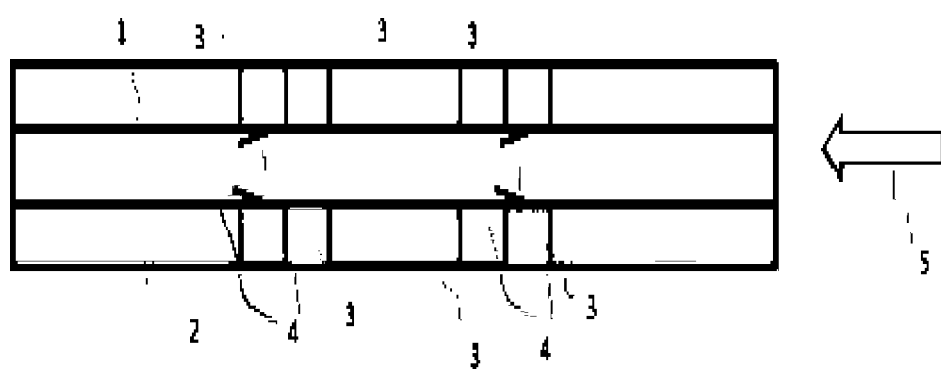
Obr. 9c



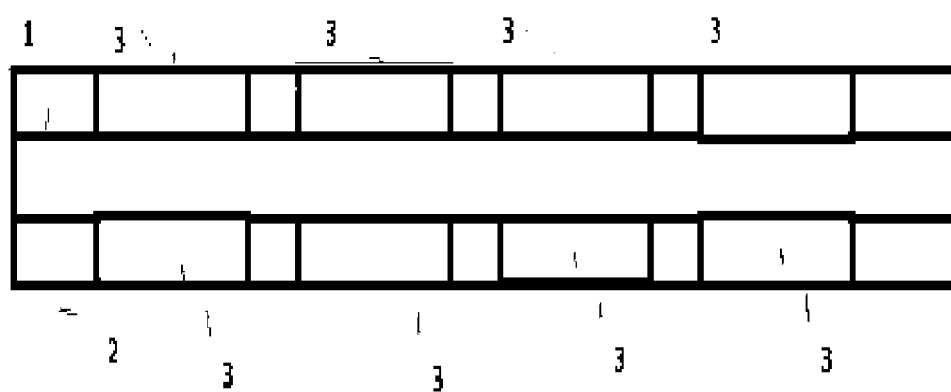
Obr. 9d



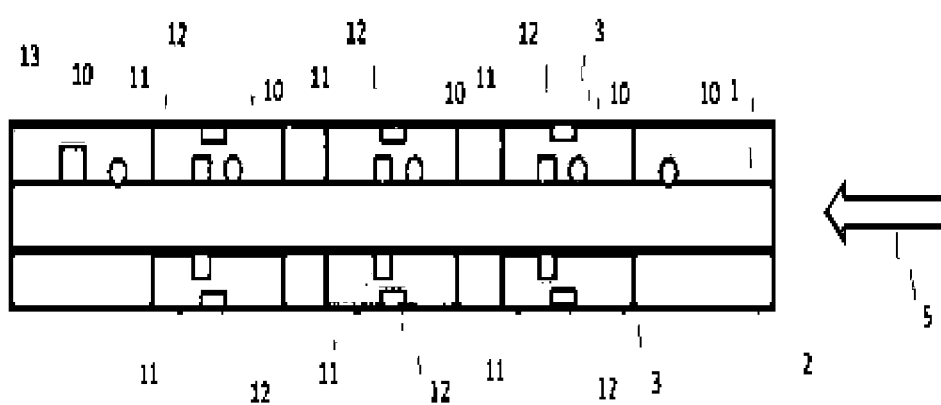
Obr. 9e



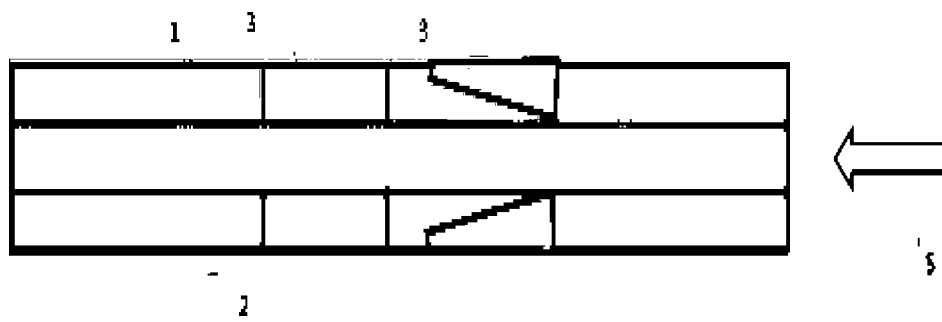
Obr. 10



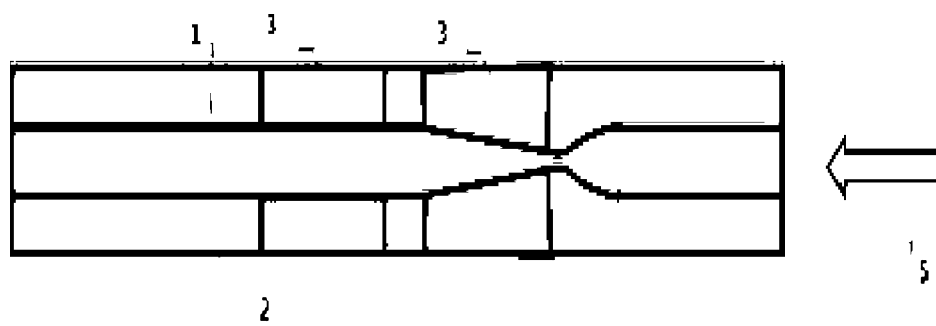
Obr. 11



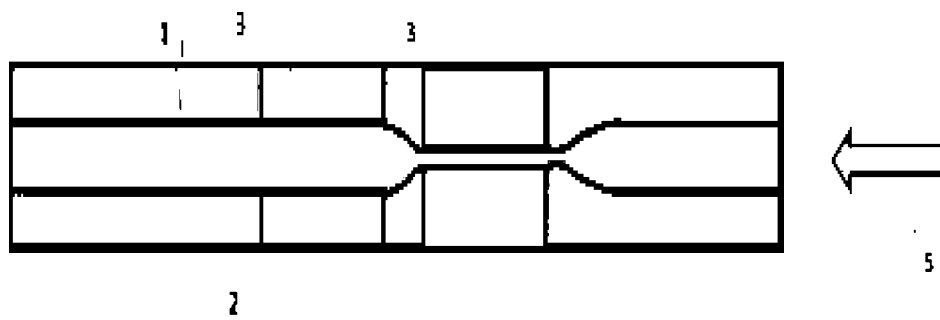
Obr. 12



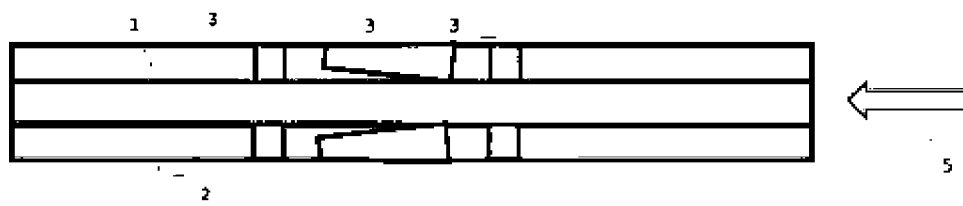
Obr. 13a



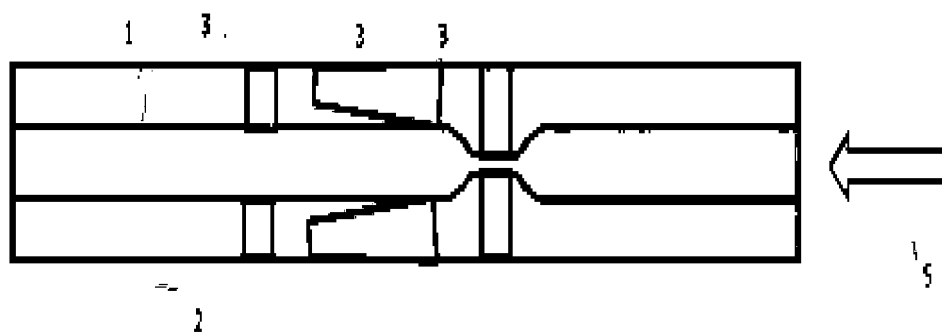
Obr. 13b



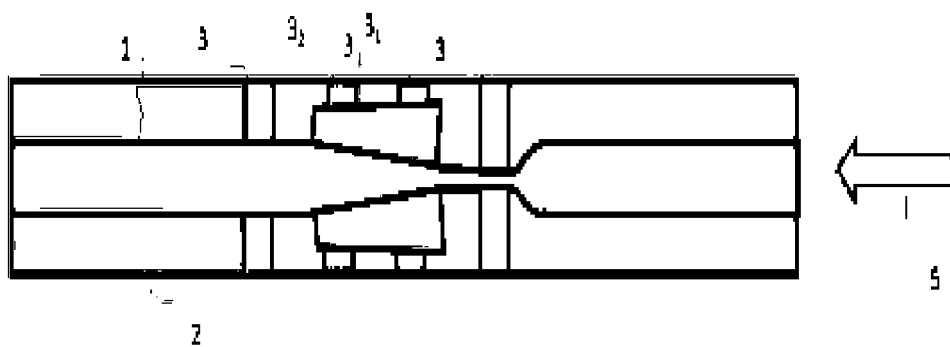
Obr. 13c



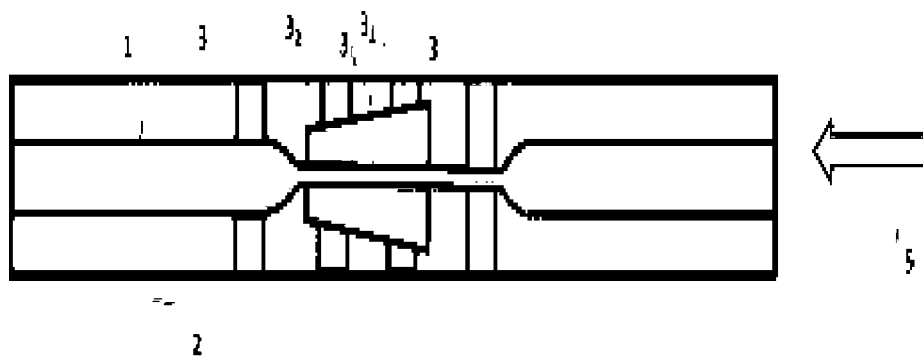
Obr. 14a



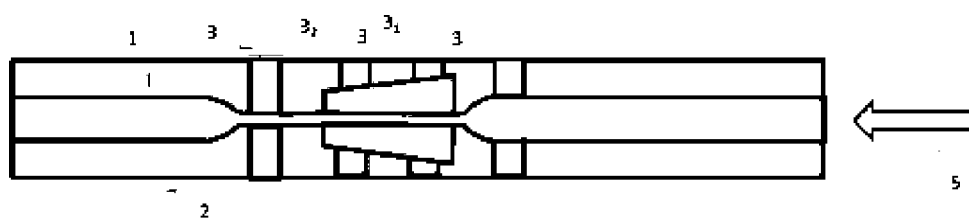
Obr. 14b



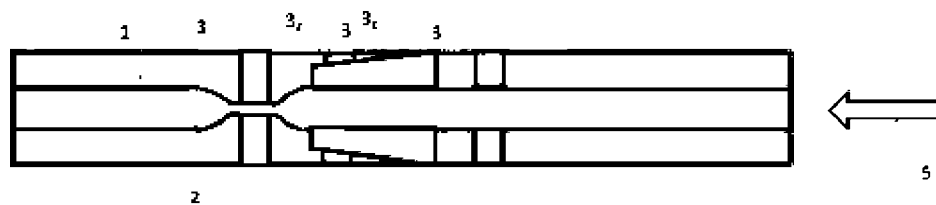
Obr. 14c



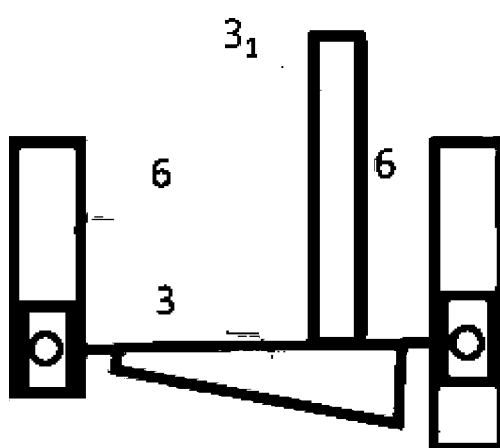
Obr. 14d



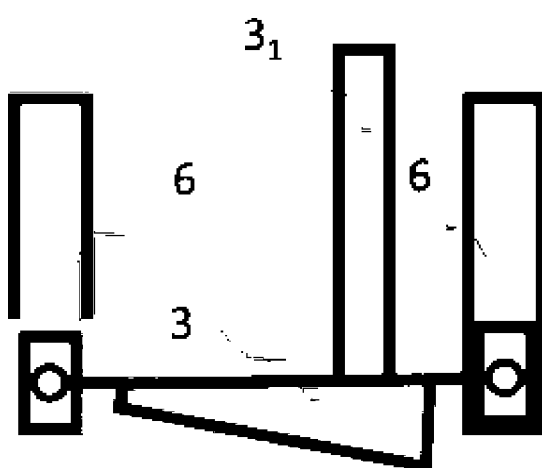
Obr. 14e



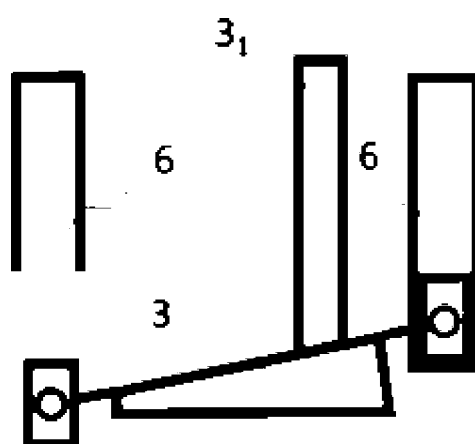
Obr. 14f



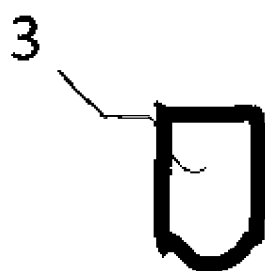
Obr. 15a



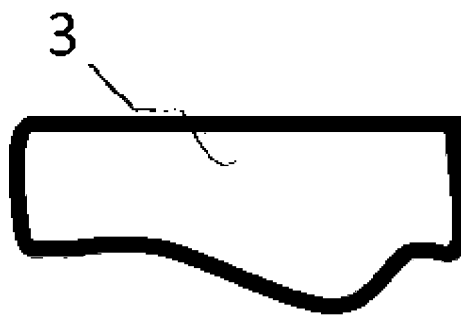
Obr. 15b



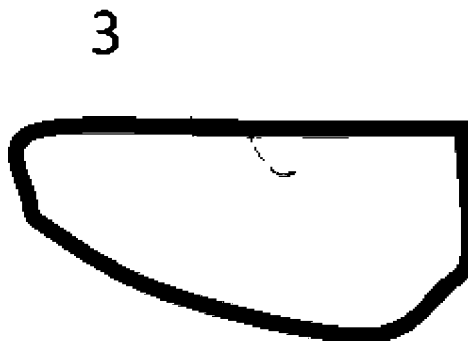
Obr. 15c



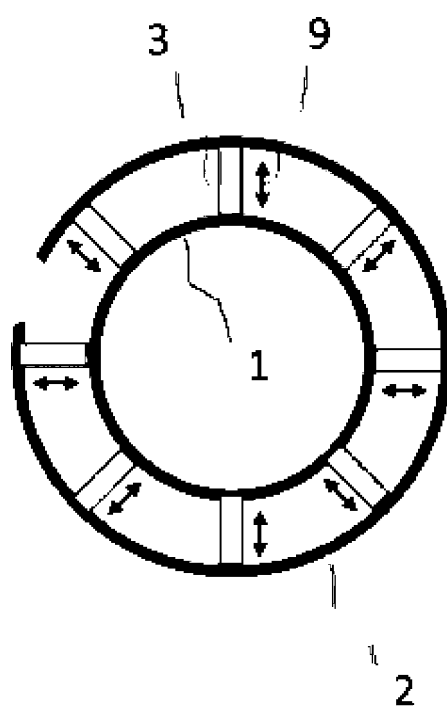
Obr. 16a



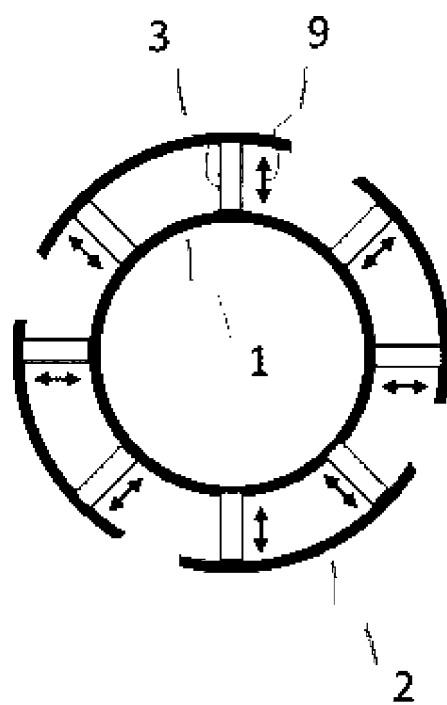
Obr. 16b



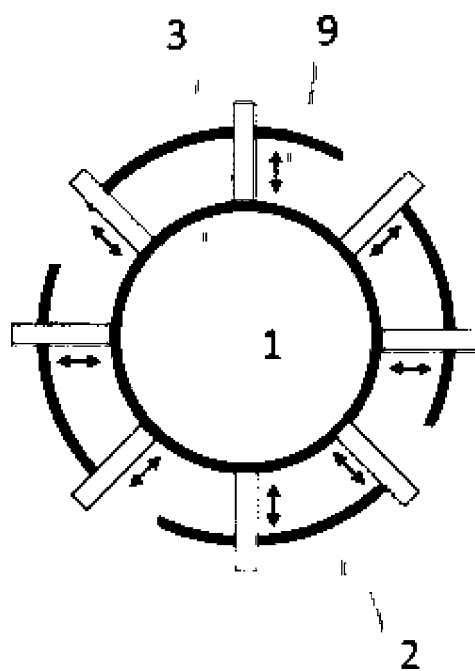
Obr. 16c



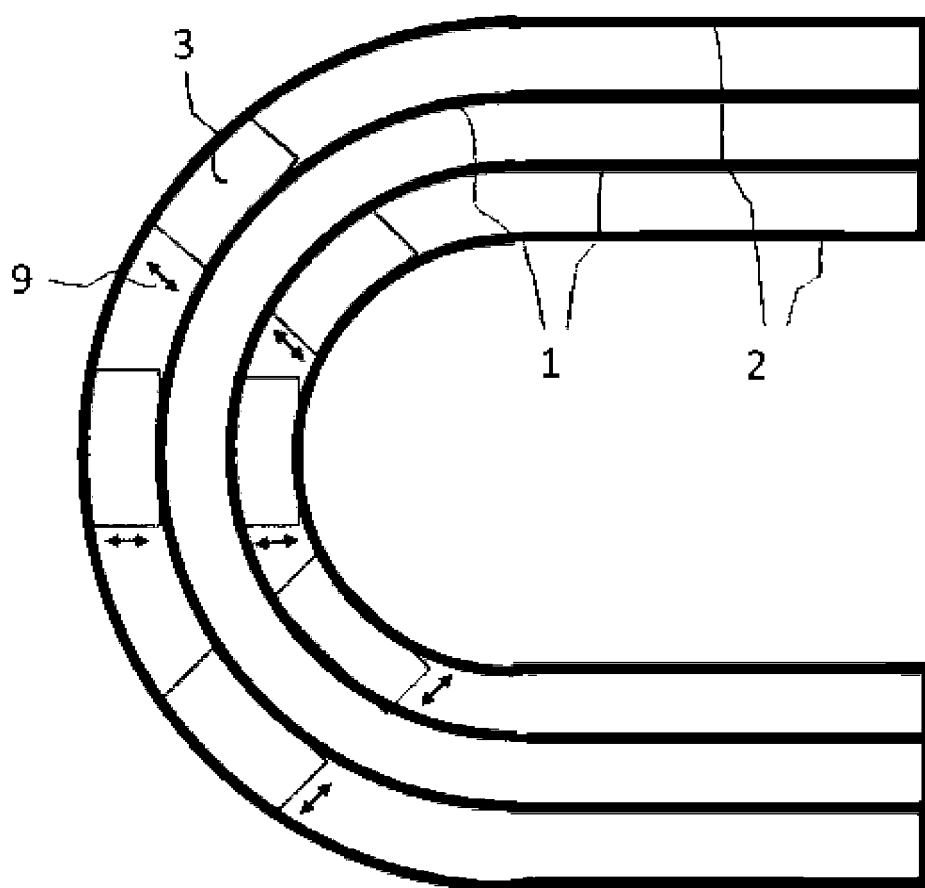
Obr. 17a



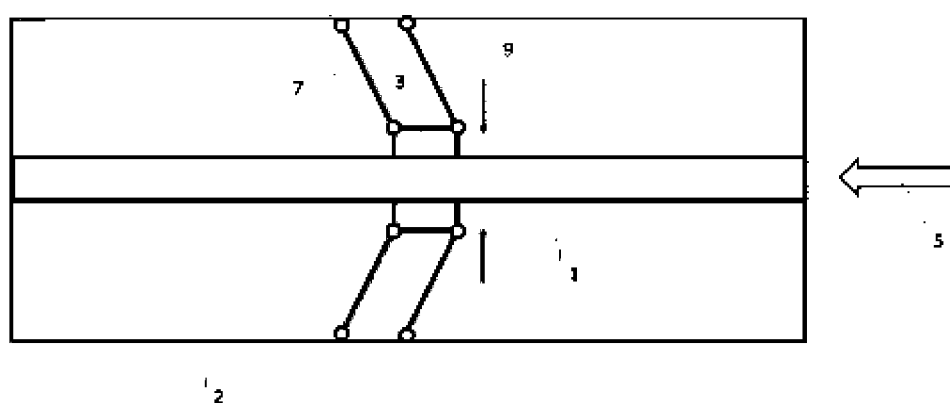
Obr. 17b



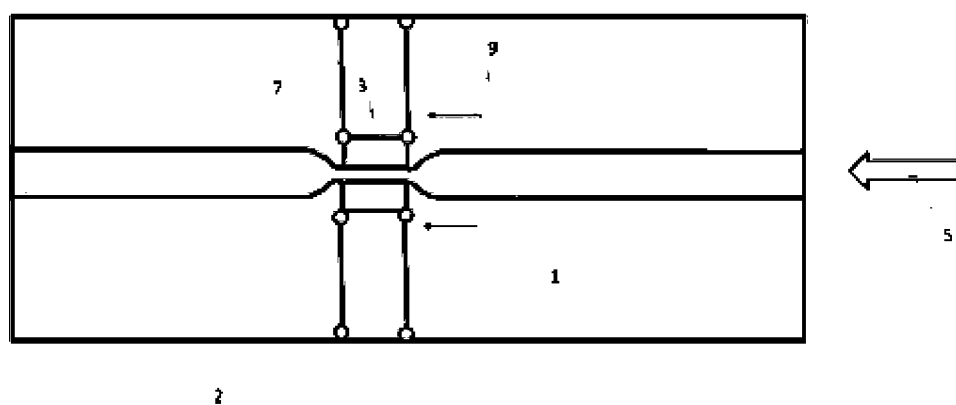
Obr. 17c



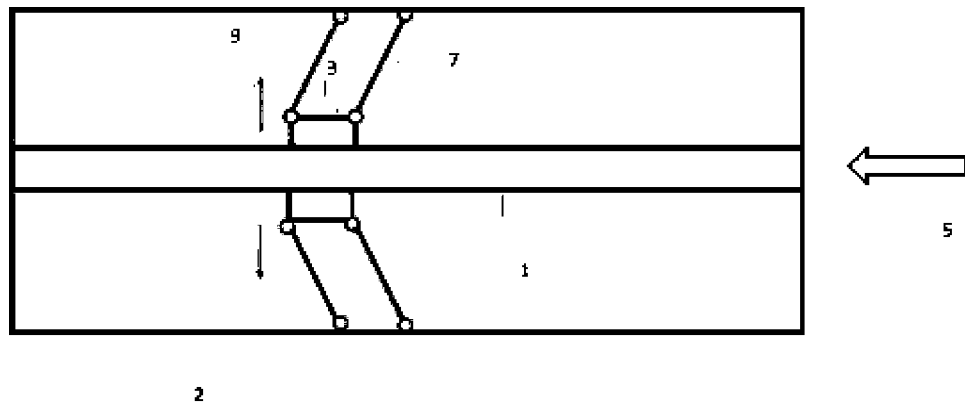
Obr. 18



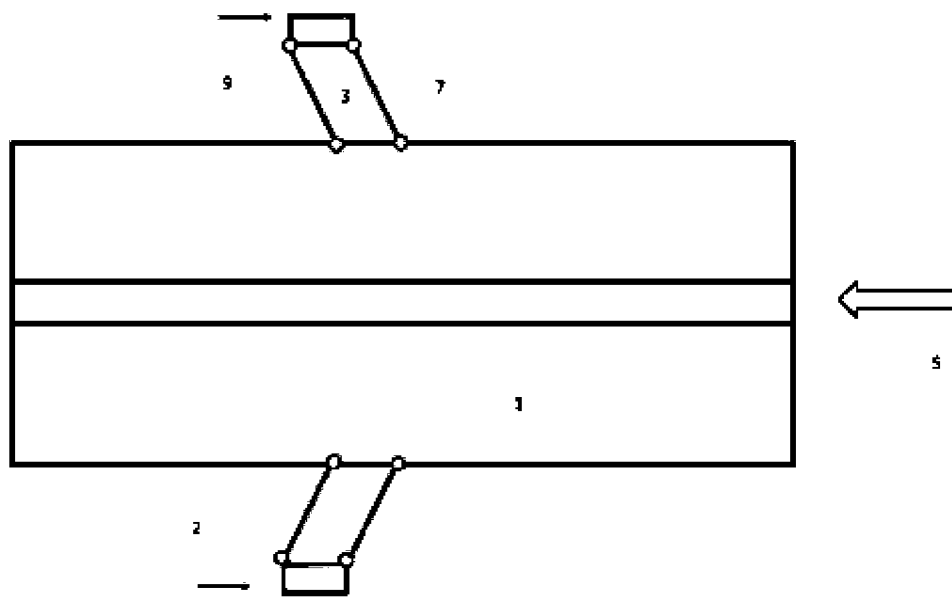
Obr. 19a



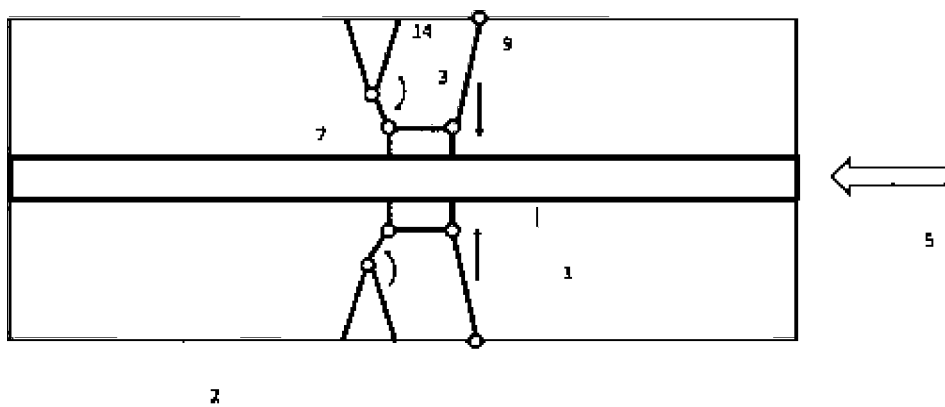
Obr. 19b



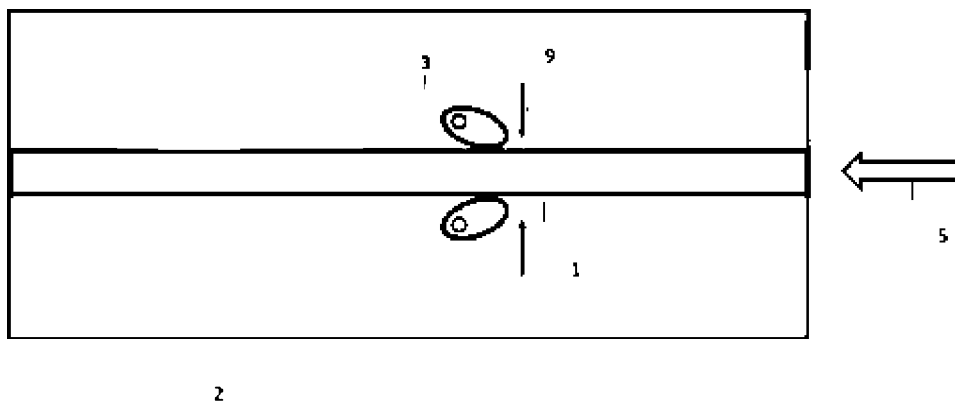
Obr. 19c



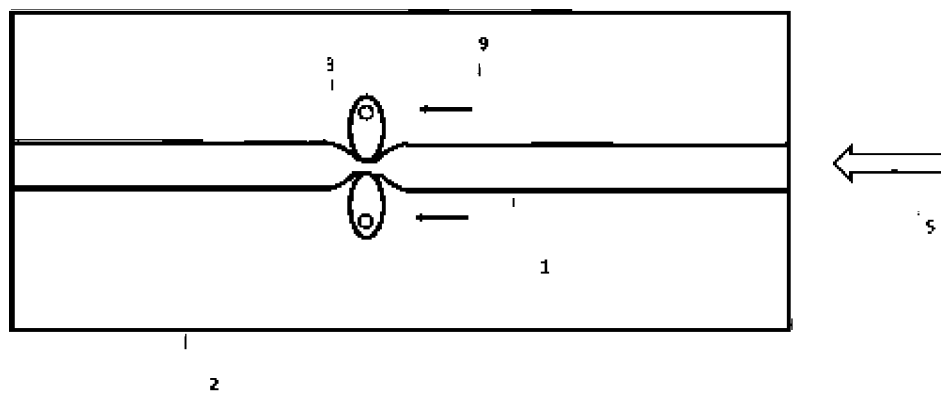
Obr. 19d



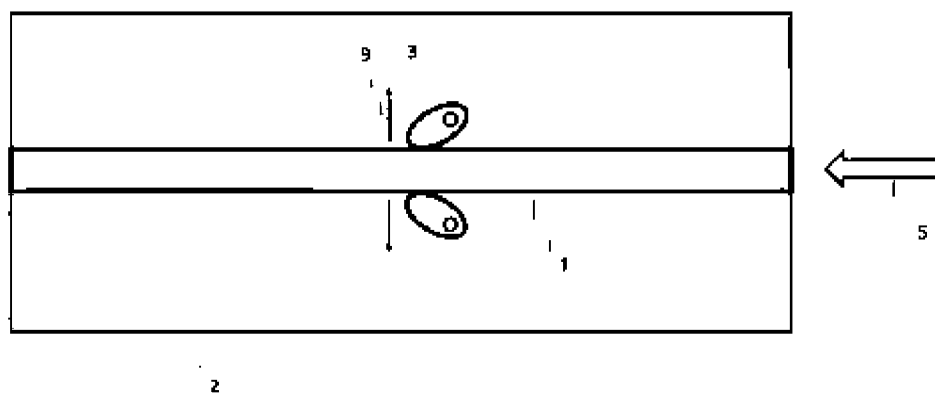
Obr. 20



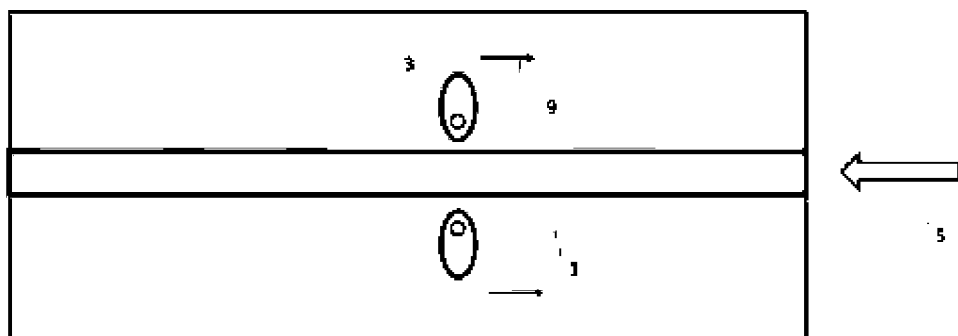
Obr. 21a



Obr. 21b

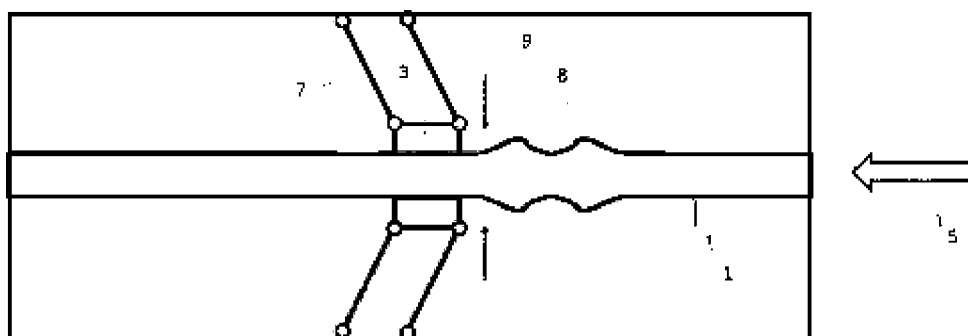


Obr. 21c



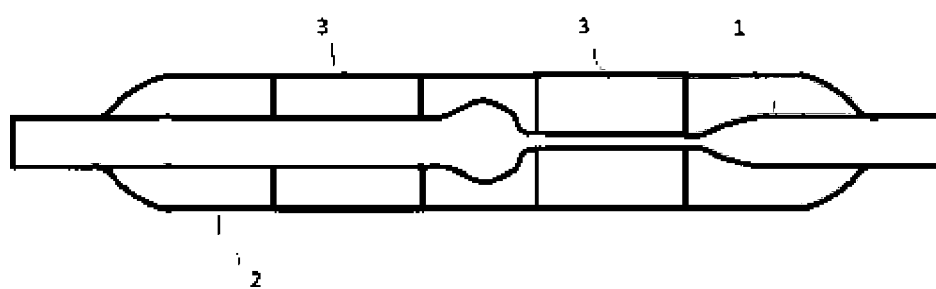
2

Obr. 21d

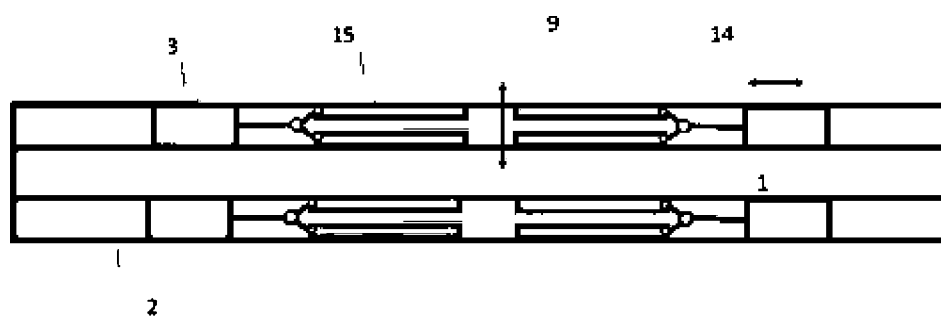


2

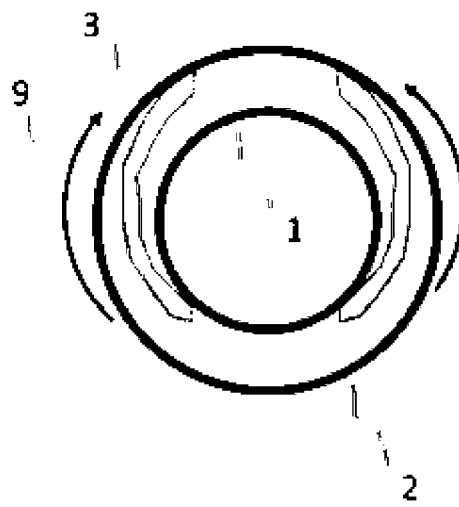
Obr. 22



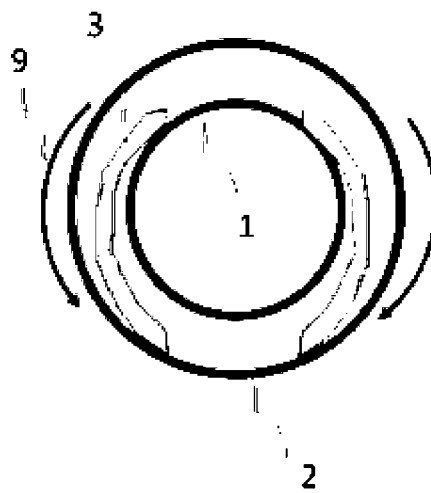
Obr. 23



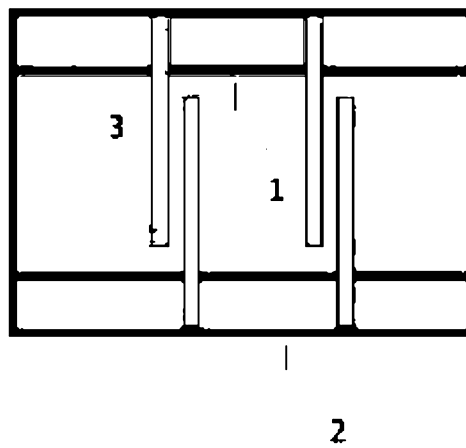
Obr. 24



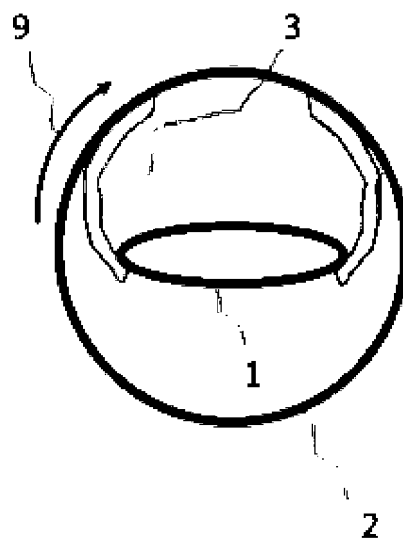
Obr. 25a



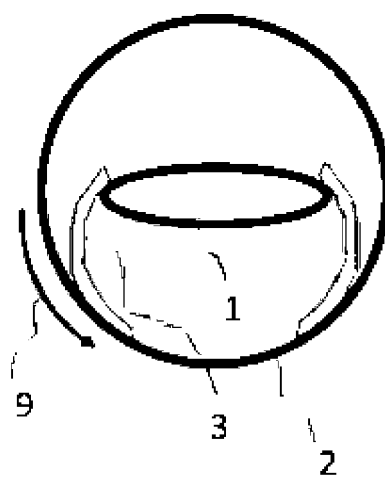
Obr. 25b



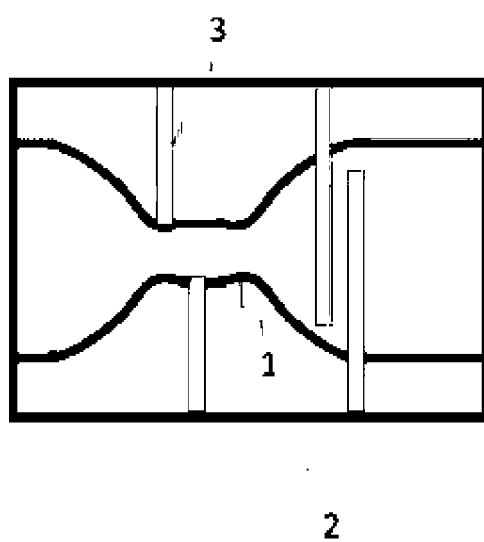
Obr. 25c



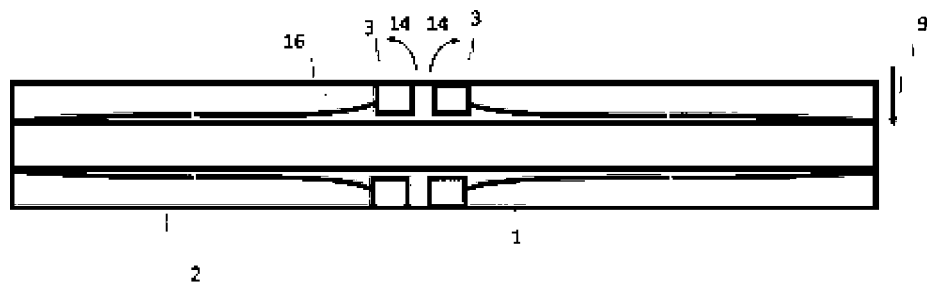
Obr. 25d



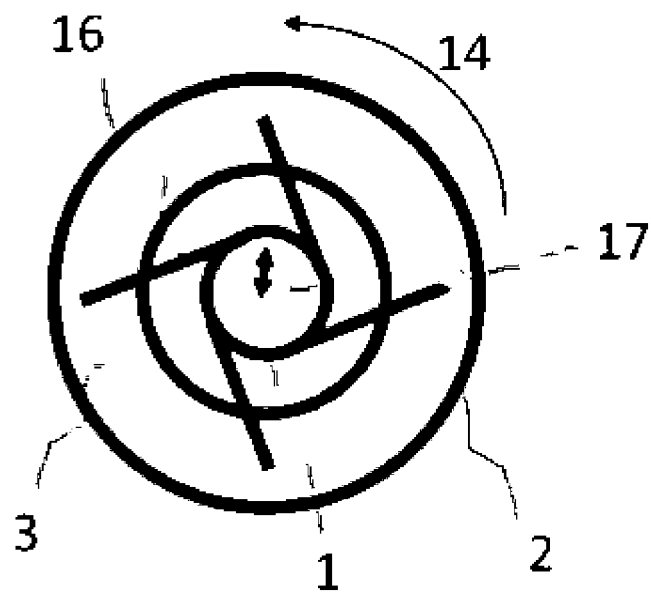
Obr. 25e



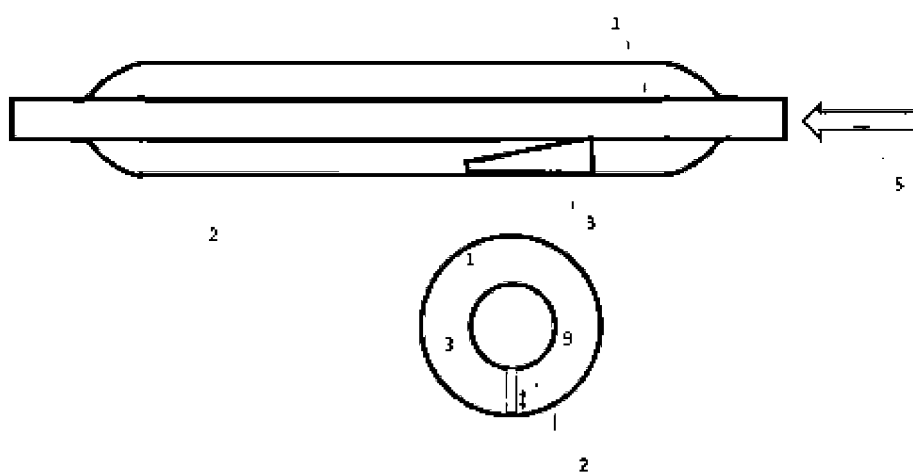
Obr. 25f



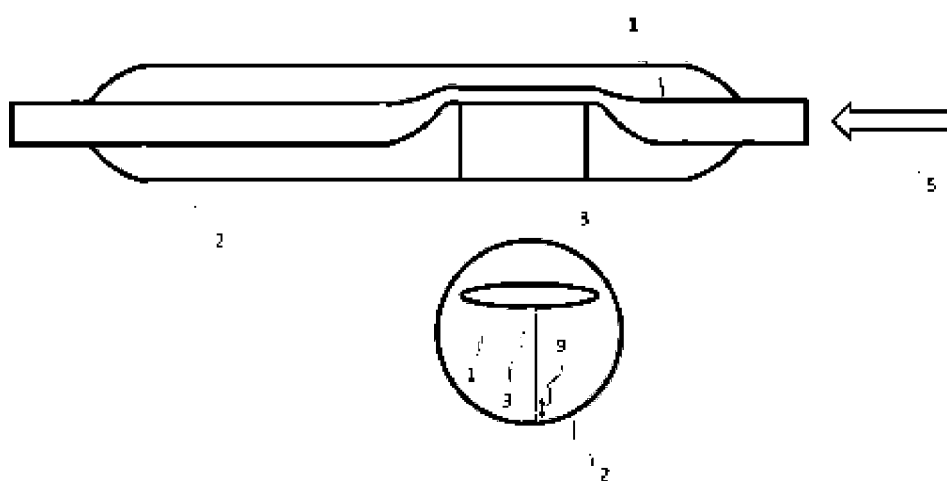
Obr. 26a



Obr. 26b



Obr. 27a



Obr. 27b