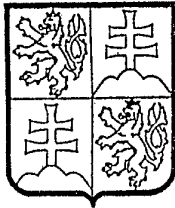


ČESKÁ A SLOVENSKÁ
FEDERATIVNÍ
REPUBLIKA
(19)



FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

PATENTOVÝ SPIS 275 870

(21) Číslo přihlášky : 2385-85
(22) Přihlášeno : 01 04 85
(30) Prioritní data : 30 03 84 - SE -
848401779
(40) Zveřejněno : 11 06 91
(47) Uděleno : 20 12 91
(24) Oznámeno udělení ve Věstníku : 18 03 92

(13) Druh dokumentu : B 6

(51) Int. Cl.⁵ :
A 61 M 1/10

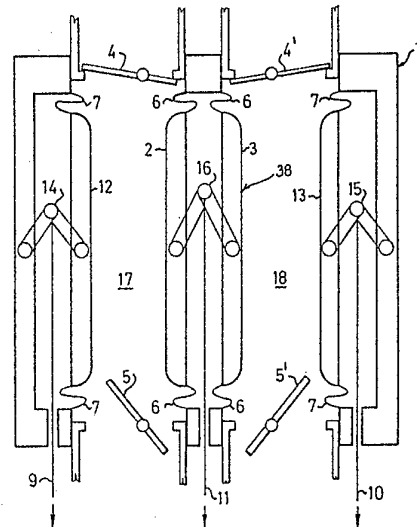
(73) Majitel patentu : ASTRA-TECH AKTIEBOLAG, STOCKHOLM (SE)

(72) Původce vynálezu : LUNDBÄCK STIG, VAXHOLM (SE)

(54) Název vynálezu : Dvojité čerpadlo pro použití jako umělé srdce

(57) Anotace :

Řešení se týká dvojitého čerpadla, použitelného jako umělé srdce. Řešení spočívá v tom, že tuhá vnější skříň (1,1') je opatřena přepážkou (38), sestávající ze dvou sousedních, vzájemně pohyblivě uspořádaných tuhých deskových stěn (2,3,24,25,44,45) spojených pohyblivě s pevnými částmi tuhé vnější skříně (1,1',41) a dále opatřená přídatnými bočně pohyblivými deskovými stěnami (12,13) popřípadě přídatnými bočně pohyblivými ohebnými stěnami (50,50') protilehlými přepážce (38) a tvořícími s ní odpovídající komory (17,18,26,27), popřípadě s tuhými částmi tuhé vnější skříně (41) příslušné komory (42,43) a spojenými pohyblivě s pevnými částmi tuhé vnější skříně (1,1',41), přičemž výtokové jednocestné ventily (4,4',31,31') a vtokové jednocestné ventily (5,5',32,32',40,40') obou příslušných komor (17,18,26,27,42,43) jsou spojeny buď s vnějším oběhem nebo s odpovídajícími sítňemi (28,29,34,35) tohoto dvojitého čerpadla.



Umělá srdce jsou známa a často se používají, například v zařízeních srdce-plíce. US-patentní spis č. 3 097 366 popisuje a znázorňuje srdeční čerpadlo, u kterého komory čerpadla napodobující komorovou překážku, jsou ovládána společným motorem pohánějícím desku, která způsobuje, že komory střídavě splasknou a nafouknou se. Komory mají tvar kaučukových vaků a krev se do nich dostává z předsínových komor upravených pro funkci jako vyrovnávací tlaku, to znamená pro vytváření rovnoměrného přítoku krve. Obě čerpadla působí na vytékající krev jako pozitivní čerpadla, u nichž se přesouvané objemy nebo objemy zdvihu nemění a je zapotřebí regulovat pouze rytmus (frekvenci).

US-patentní spis č. 3 783 453 popisuje a znázorňuje dvojité čerpadlo, u kterého obě komory, napodobující komorovou přepážku, a mající tvar kaučukových vaků, jsou uzavřeny v příslušné nepoddajné jímce a jsou zvenku ovládány pracovní tekutinou, která je do jímky vstříkována a jí nasávána. Čerpadlové vaky se uvádějí do funkce čerpání střídavě a funkce je regulována řídicí soustavou tak, že oběma čerpadly je přečerpáváno stejné množství krve za časovou jednotku. Toto řízení se provádí odděleným snímáním objemů vaků.

Vynález spočívá na objevu vynálezce, že lidské srdce nepracuje způsobem, jaký se normálně předpokládá. Pro lepší porozumění vynálezu a protože je zmíněný objev jeho základem je tento níže krátce popsán.

Mimo jiné se při vyšetřování anatomického srdce ultrazvukem pozorovalo, že při jednom srdečním tepu se objem srdce často mění o méně než asi 10 % jeho celkového objemu, a že přitékající krev nikterak silně nepulzuje, zatímco vytékající krev pulzuje silně. Z toho se dalo předpovědět a klinicky zjistit, že když srdce tepe, táhne srdeční svalstvo při stažení srdečních svalů předsínovou přepážku včetně srdečních chlopní, dolů směrem ke hrotu srdce. Když se potom srdeční svaly uvolní, je rovina chlopně tlačena směrem vzhůru ne silou vyvolávanou svaly, nýbrž vlastním diastolickým tlakem dodávané krve a silou vyvolávanou pružnými složkami uvnitř srdce a vně srdce. Tak při systolické fázi objem komory klesá, zatímco se objem předsíně zvětšuje, čímž součet těchto objemů nepatrně klesá a vnější tvar srdce se takto zmenšuje. V důsledku toho se při systolickém období více krve čerpá ven než přichází dovnitř. Přítok krve do předsíně ale pokračuje v systolické fázi v důsledku té skutečnosti, že se objemy předsíně zvětšují. Při diastolické fázi jsou chlopně v aortě a v plicní tepně uzavřeny. Přítok krve do předsíně pokračuje, jelikož celkový objem srdce se poněkud zvětší a rovina chlopně se opět pohybuje vzhůru a to více nebo méně v důsledku množství krve vstupující do předsíně, čímž objem srdečního tepu v nejbližší následující systolické fázi je určen množstvím krve dodané v předcházejících diastolických a systolických obdobích. Tyto objevy spolu s dalším objevem, týkajícím se regulace funkce komorové přepážky je nutné považovat za překvapující a je pravděpodobné, že jejich výsledkem budou vzorové změny v této speciální vědě.

V souhlasu s těmito novými objevy se také pozorovalo, že lidské srdce má zvláštní přirozený způsob regulování množství krve čerpaného do obou polovin srdce tak, aby se dosáhla potřebná rovnováha. Regulace je vyvolána ohebností komorové přepážky. Při systolické fázi, při které jsou objemy příslušných srdečních komor stlačeny, dostavuje se na výstupu z pravé komorové přepážky do plicní tepny nižší protitlak, neboť odpor proti toku v plicním úseku oběhového systému je nižší než odpor proti toku v systémovém úseku oběhové soustavy krve, která prochází tepnou. Komorová přepážka proto pokaždé zaujme danou polohu, ve které je systolicky odchylována směrem k pravé komoře. Na druhé straně je při diastolické fázi komorová přepážka schopna zaujímat proměnlivou polohu v závislosti na tlacích převládajících na obou vstupech, čehož výsledkem je vyrovnávací funkce množství čerpané krve. Tato vyrovnávací funkce srdce má zvláštní důležitost a pozorovalo se například, že infarkt postihující komorovou přepážku má horší prognózu než infarkt postihující jiné části pravé a levé komory srdce. Zdá se, že to je důsledkem skutečnosti, že komorová přepážka ztrácí svou stabilizační funkci při systolické fázi a stane se tuhou a nepo-

hyblivou. V důsledku toho množství krve čerpané z pravé komory vzrůstá, zatímco současně výstup z levé komory klesá ve stejné míře, což způsobí, že se krev shromažďuje v plicích a vede k plicnímu edemu.

Účelem vynálezu je především jednoduchým způsobem zajistit vyrovnaný účinek mezi dvěma čerpadly ve dvojím čerpadle, aby se čerpadlo dalo účinně použít v zařízení srdce-plíce nebo jako umělé srdce. Dalším účelem je vytvořit dvojité čerpadlo, konstruované pro plynulý přítok tekutiny vzdor pulzujícímu výtoku tekutiny. I když je určitý stupeň plynulosti již zajištěn v praxi známými konstrukcemi, neboť cévní soustava nejbližší umělému srdci, která může zahrnovat zbývající horní části předsíně, je schopná do určité míry měnit svůj objem, může se tento vyrovnávací účinek zlepšit tím, že se uspořádají oddělené objemy napodobující předsíně, přičemž se tyto předsíňové objemy mění při částečné odezvě na změny v komorových objemech.

Třetím účelem vynálezu je vytvoření dvojitého čerpadla, které kromě toho, že dosahuje vlastního seřizování rovnováhy mezi krevními proudy, které jím jsou čerpány, je také schopné samočinného seřizování absolutních hodnot uvedených čerpaných krevních proudů. Takovéto seřizování se nemá dít vlivem síly, která by vedla k nebezpečí poškození tkáně, nýbrž má nastávat jako výsledek tak zvaného vnitřního tlaku. Toho se dosáhne tím, že se stlačování komor napodobujících srdeční komoru, provádí pomocí jednostranné síly, což znamená síly, která působí pouze v jednom směru. Odstraní-li se tyto síly, mohou se komory opět naplnit pomocí hydrodynamického tlaku a plnicího tlaku, a v časovém intervalu před příští vynucenou stlačovací fází se naplní přesně tím množstvím krve, které tělo potřebuje. Je vhodné upravit prostředky pro detekci dosažení maximálního naplnění, takže když se tento stav dosáhne, může se motor seřídít tak, že zvýší frekvenci srdečních tepů a sníží tuto frekvenci, když nároky na krev klesnou a zůstanou po delší sledované období na nízkém stupni.

Podstata dvojitého čerpadla pro použití jako umělé srdce, obsahující dvě komory, uspořádané vedle sebe a upravené jako srdeční komory, z nichž každá má vtok a výtok prostředím, a opatřené jednocestnými ventily, a dále obsahující hnací ústrojí pro opakované měnění objemu těchto komor pro nasávání a vytlačování dopravovaného prostředí příslušnými vtoky a výtoky podle vynálezu spočívá v tom, že tuhá vnější skříň je opatřena vnitřní pohyblivou přepážkou, sestávající ze dvou sousedních, vzájemně pohyblivých tuhých deskových stěn spojených pohyblivě s pevnými částmi tuhé vnější skříně a dále přídatnými bočně pohyblivými deskovými stěnami popřípadě přídatnými bočně pohyblivými ohebnými stěnami protilehlými vůči vnitřní pohyblivé přepážce a tvořícími s ní odpovídající komory popřípadě s tuhými částmi tuhé vnější skříně příslušné komory, a spojenými pohyblivě s pevnými částmi tuhé vnější skříně, přičemž výtokové jednocestné ventily a vtokové jednocestné ventily obou příslušných komor jsou spojeny buď s vnějším oběhem nebo s odpovídajícími síněmi tohoto dvojitého čerpadla.

Tuhá vnější skříň je opatřena vnitřní pohyblivou přepážkou sestávající ze dvou sousedních vzájemně pohyblivých tuhých deskových stěn spojených pohyblivě s tuhou vnější skříní a tvořící se stěnami tuhé vnější skříně síně.

Mezi tuhými deskovými stěnami vnitřní přepážky je vytvořen vnitřní objemově měnitelný prostor, který obsahuje plynné prostředí a je spojen s vnitřním objemově měnitelným prostorem mezi tuhými deskovými stěnami vnitřní pohyblivé přepážky.

Tuhé deskové stěny vnitřní pohyblivé přepážky mezi komorami tuhé vnější skříně mohou být spolu kloubově spojeny kloubovou pákovou soustavou a tažnou pružinou.

Tuhé deskové stěny vnitřní přepážky pohyblivé mezi komorami tuhé vnější skříně mohou být vzduchotěsně poddajně spojeny s jeho pevnými částmi například vlnovcem.

Tuhé deskové stěny vnitřní pohyblivé uspořádané přepážky mezi síněmi tuhé vnější skříň jsou vzduchotěsně poddajně spojeny s jeho pevnými částmi například vlnovcem.

Přídavné deskové stěny komor bočně pohyblivě uspořádané jsou kloubově spojeny kloubovou pákovou soustavou s pevnými částmi vnější tuhé skříň, například vlnovcem.

Střední klouby kloubových pákových soustav jsou spojeny se zevní částí tuhé vnější skříň tažnými ovládacími vlákny procházejícími těsnicím ústrojím.

Po obou stranách komor jsou v tuhé vnější skříni vytvořeny síně, spojené s komorami vtokovými jednocestnými ventily, přičemž síně mají jednu obvodovou pohyblivou stěnu a objemově měnitelný prostor mezi obvodovou pohyblivě uspořádanou ohebnou stěnou a vnitřní stěnou tuhé vnější skříň je spojen kanály s vnitřním objemově měnitelným prostorem mezi tuhými deskovými stěnami pohyblivě uspořádané přepážky mezi komorami.

Vynález je nyní blíže popsán pomocí výkresů, znázorňujících jeho jednotlivá provedení.

Obr. 1 znázorňuje první provedení vynálezu, obr. 2A a obr. AB druhé provedení ve dvou různých polohách a obr. 3 kompaktní provedení dvojitého čerpadla.

Na obr. 1 je znázorněno dvojité čerpadlo uložené v tuhé vnější skříni 1. V tuhé vnější skříni 1 je umístěna přepážková stěnová konstrukce, tvořená vzájemně pohyblivě uspořádanými tuhými deskovými stěnami 2,3, jejichž vzdálenost se může zvětšit tažným ovládacím vláknem 11, spojeným s neznázorněným motorem. Stěnová konstrukce rozděluje vzájemně pohyblivě uspořádanými tuhými deskovými stěnami 2,3 prostor uvnitř tuhé vnější skříň 1 na dvě komory 17,18, z nichž každá je opatřena příslušným vtokovým jednocestným ventilem 5,5' a výtokovým jednocestným ventilem 4,4'. Zatáhnutím za tažné ovládací vlákno 11 se od sebe bočně oddálí tuhé deskové stěny 2,3 působením kloubové pákové soustavy 16, upravené mezi nimi a ovládané tažným ovládacím vláknem 11. Polohy tuhých deskových stěn 2,3 nejsou trvale ustáleny, neboť tyto jsou zavěšeny na ohebných vlnovcích 6 připevněných na tuhé vnější skříni 1. V důsledku toho při zatáhnutí za tažné ovládací vlákno 11 vzroste zpočátku tlak v obou komorách 17, 18, napodobujících srdeční komory, čímž dojde k uzavření vtokových jednocestných ventilů 5,5' a otevření výtokových jednocestných ventilů 4,4', když tlak v příslušných komorách 17,18 přestoupí tlak převládající vně těchto komor 17,18.

Jestliže tlaky převládající vně těchto komor 17,18 se navzájem liší, otevře se nejříve jeden jednocestný výtokový ventil 4 nebo 4' a potom druhý jednocestný výtokový ventil 4 nebo 4' a příslušná komora 17 nebo 18 se počne vyprazdňovat dříve než druhá komora 17 nebo 18 a to do té doby až buď vzroste tlak na jejím výstupu nebo se příslušný ohebný vlnovec 6 co nejvíce roztáhne, načež bude další tah tažného ovládacího vlákna 11 pouze ovlivňovat objem druhé komory 17 nebo 18. Když tato tažná síla přestane působit, uzavřou se výtokové jednocestné ventily 4,4' a vtokové jednocestné ventily 5,5' se otevřou, načež se komory 17,18 nabерou další kapalinou v závislosti na toku přitékající krve. Když je dvojité čerpadlo spojeno s krevním oběhovým systémem, ve kterém tatáž kapalina proudí ve dvou obvodech, dosáhne plnicí mechanismus samočinně rovnováhy s uskutečněným výtlakem čerpadla. Například v případě kdy by jedno čerpadlo vytlačovalo příliš velké množství krve, tak se tato přebytečná krev vrátí do toku krve proudící do druhé komory, čímž by se dosáhla kompenzace. Tímto se dosáhne objemové rovnováhy bez použití jakéhokoliv složitého regulačního mechanismu.

Neznázorněný hnací motor pro dvojité čerpadlo může být elektrický motor a jednosměrná tažná síla se může vyvolat například tak, že motor táhne za tažné ovládací vlákno 11, které působí na stěnu vymezující komoru 17,18 soustavou pák nebo pod. Motor může být také vhodný stávající příčně pruhovaný autologní sval uváděný do činnosti uměle vyvolaným elektrickým nervovým signálem (stimulátor). V určitých případech může být hnací síla nebo zdroj hnací síly umístěn vně těla a může být pneumatický nebo hydraulický. Je-li hnacím motorem elektrický motor, může být zásobován proudem elektrod, umístěných na pokožce podle

známých technik, nebo může být zásobován energií odebíranou z dobíjitelné elektrody, která je umístěna v těle, přičemž se tato baterie může popřípadě opět nabíjet cívkou, umístěnou v těle a opatřenou usměrňovacím obvodem, který dostává energii transformačním účinkem primární cívky, která je umístěna vně těla a napájena střídavým proudem.

Čerpací účinek lze také vyvolat jako u provedení podle obr. 1 tím, že se každá komora 17,18 napodobující srdeční komoru, opatří přídatnou bočně pohyblivou deskovou stěnou 12,13 ovládanou tažnými ovládacími vlákny 9,10 přes kloubovou pákovou soustavu 14,15. Přídatné bočně pohyblivé deskové stěny 12,13 jsou opatřeny vlnovci 7 připojenými k tuhé vnější skříni 1. Tažná ovládací vlákna 11 mohou být nahrazena ústrojími ovládanými tlakovým prostředím, například zařízeními ovládanými ze zdroje ztlačeného vzduchu. Totéž platí pro tažné ovládací vlákno 11 i v tom případě, kdy je zapotřebí jednostranně působících sil s ohledem na nutnost samočinného sežizování celkového množství čerpané kapaliny, jak to bylo řečeno v úvodu.

Provedení podle obr. 1 může být také pozměněno tím, že se vypustí obě tuhé deskové stěny 2,3, které jsou vytvořeny pohyblivé, a přiřazené tažné ovládací vlákno 11 a kloubová páková soustava 16 a nahradí se společnou stěnovou konstrukcí, která má jediný stěnový úsek, který je pohyblivý v důsledku tlakového rozdílu mezi komorami 17,18, čímž mění příslušné objemy komor 17,18 a vyrovnává tlaky. V tomto případě se čerpání provádí energetickými hnacími prostředky, tvořenými příslušnými přídatnými bočně pohyblivými deskovými stěnami 12,13, kloubovými pákovými soustavami 14,15, tažnými ovládacími vlákny 9,10 a neznázorněným hnacím motorem nebo pneumatickými prostředky.

Tažná ovládací vlákna 11 tvoří jednosměrně působící sílu (stejně jako tažná ovládací vlákna 9,10) a bude proto pouze působit stažení komor 17,18, napodobujících srdeční komoru. Průtok krve do komor 17,18 při diastolické fázi nastává v důsledku diastolického krevního tlaku nezávisle na síle tažného ovládacího vlákna 11. Plnění lze výhodně řídit i působením síly vyvolávající pohyb tuhých deskových stěn 2,3 ve směrech, které vedou ke zvětšení objemů komor 17,18, proti působení řízeného nebo předem nastaveného protitlaku. Jestliže je například prostor mezi tuhými deskovými stěnami 2,3 (a přídatnými bočně pohyblivými deskovými stěnami 12,13) nastaven na předem danou hodnotu tlaku, například spojením uvedeného prostoru s neznázorněnou nádrží, začnou se opět proti působení tohoto tlaku komory 17,18 plnit a plnění přestane, když je přítokový tlak příliš nízký než aby vyvolal přitlačení tuhých deskových stěn 2,3 k sobě nebo aby došlo k pohybu výše uvedených přídatných bočně pohyblivých deskových stěn 12,13 směrem ven.

Obr. 2A a 2B znázorňuje další provedení dvojitého čerpadla použitelného jako umělé srdce, podle vynálezu a znázorňuje polohy napodobených částí srdce na konci diastolické fáze popřípadě na konci systolické fáze. Toto provedení obsahuje tuhou vnější skříň 1, ve které je uspořádána přepážka 38,38', která dělí tuhou vnější skříň 1 na dvě části. Přepážka 38,38' obsahuje dvě stěnové konstrukce, z nichž každá obsahuje dvojici tuhých deskových stěn 24,25, které vytvářejí vzájemně propojené prostory 22,23 naplněné plynem například vzduchem. Tyto tuhé deskové stěny 24,25 jedné stěnové konstrukce se mohou pohybovat od sebe kloubovou pákovou soustavou 21 a pomocí tažného ovládacího vlákna 30 (jednosměrná síla). Mezi oběma stěnovými konstrukcemi tuhé vnější skříně 1 jsou uspořádány vtokové jednocestné ventily 32,32', zatímco výtokové jednocestné ventily 31,31' jsou uspořádány u protilehlých konců tuhých deskových stěn 24,25. Tuhé deskové stěny 24,25 jsou ve středových oblastech neohebné a na koncových oblastech, které mohou mít tvar vlnovce 8 ohebné. Vtokové jednocestné ventily 32,32' vymezují na jedné straně komory 26,27, které tvoří čerpadlo a na druhé straně síně 28,29. Zatáhnutím za tažné ovládací vlákno 30, které vychází z tuhé vnější skříně 1, otvorem opatřeným těsnicím ústrojím 39 se tuhé deskové stěny 24,25 pohybují od sebe, jak je to znázorněno na obr. 2B, čímž se čerpá krev z komor 26,27 prostřednictvím vtokových jednocestných ventilů 31,31'.

Mezitím vzrůstá celkový objem prostorů 22,23 mezi příslušnými tuhými deskovými stěnami 24,25,19,20, takže tlak plynu v těchto prostorách klesá. Pokles tlaku plynu v prostoru 23 usnadňuje tak tok krve do síní 28,29 při systolické fázi. Tuhé deskové stěny 19,20 se pohybují navzájem směrem k sobě, v případě že se síně 28,29 plní. Když proudy krve přitékající do síní 28,29 jsou odlišné, budou se tuhé deskové stěny 19,20 pohybovat směrem k sobě různými rychlostmi. Pružnost vzduchu v prostorách 22,23 vyvolá útlum toku krve do síní 28,29, což zase udržuje rovnoměrnou rychlost přítoku.

Vzhledem k tomu, že se tuhé deskové stěny 24,25 tvořící přepážky mezi oběma komorami 26,27, napodobujícími srdeční komory mohou bočně pohybovat a to buď obě ve stejném směru nebo každá v jiném směru v průběhu systolické fáze bude krev v případě, že vtokové jednocestné ventily 32,32' uzavřeny, vytlačována výstupem u něhož převládá nejnižší tlak, tak dlouho až se měchy na jedné své straně roztáhnou na svou maximální míru, načež se zbytek dopravovaného objemu vypudí výstupem u něhož panuje vyšší tlak.

V diastolické fázi (obr. 2A) se tuhé deskové stěny 24,25 pohybují směrem k sobě působením tažné pružiny 33. Tažná pružina 33 podporuje proudění krve ze síní 28,29 přes vtokové jednocestné ventily 32,32' tím, že prostor 22 se zmenší a prostor 23 se rozšíří v důsledku pohybu vzduchu z prostoru 22 do prostoru 23. Stejně jako tuhé deskové stěny 19,20 budou se k sobě různými rychlostmi přibližovat tuhé deskové stěny 24,25. V případě, že se liší průtoky kapaliny vtokovými jednocestnými ventily 32,32', což vede k tomu, že objemy komor 26,27 a tím i přečerpávané objemy v nejbližší následující systolické fázi, jsou tyto různé velké. Tímto způsobem je zajištěno, že přítoky s rozdílnými tlaky se rychle vyrovnají.

Další provedení vynálezu je znázorněno schematicky v řezu a podobá se anatomickému srdci. Komory 42,43 napodobující srdeční komory jsou vzájemně odděleny dvojitou stěnovou konstrukcí obsahující dvě bočně pohyblivé tuhé deskové stěny 44,45, které se mohou pohybovat směrem od sebe pomocí tahu tažného ovládacího vlákna 49 spojeného s kloubovou pákovou soustavou 55 a procházejícího tuhou vnější skříní 41 přes otvor provedený v těsnicím ústrojí 39. Tuhé deskové stěny 44,45 jsou nesené vlnovci umístěnými kolem jejich obvodů a připevněnými k tuhé vnější skříní 41. Komory 42,43 jsou spojeny se síněmi 34,35 přes vtokové jednocestné ventily 40,40'. I když to není vyobrazeno, jsou výtokové jednocestné ventily 31,31' uloženy ve výtokových trubicích vedoucích z tuhé vnější skříně 41 výstupními otvory 53,54. Vtokové trubky vedou do tuhé vnější skříně 41 vtokovými otvory 47,48 příslušných síní 34,35.

Pro dosažení žádaného čerpacího účinku jsou síně 34,35 napodobující srdeční předsíně vymezeny zčásti obvodovými pohyblivými stěnami 50, popřípadě 50', které mohou být pohyblivé v důsledku své ohebnosti. Obvodové pohyblivé stěny 50,50' jsou pohyblivé mezi vnější krajní polohou, znázorněnou plnými čarami a vnitřní krajní polohou, znázorněnou přerušovanými čarami (obr. 3), čímž se umožňuje změna objemů síní 34,35. Obvodové pohyblivé stěny 50,50' vymezují také spolu s tuhou vnější skříní 41 k níž jsou připevněny, prostory 36,37, naplněné vzduchem, které jsou spojeny s prostorem 46, který je umístěn mezi tuhými deskovými stěnami 44,45 a to přes kanály 51,52. Toto uspořádání funguje v podstatě stejně jako provedení podle obr. 2A a 2B, ale může být provedeno mnohem kompaktnější.

Vtokový otvor 47,48 a výstupní otvory 53,54 jsou znázorněny přerušovanými čarami a mohou být umístěny na kterémkoliv místě tuhé vnější skříně 41 při pohledu na rovinu výkresu. S výhodou jsou ale vstupy a výstupy umístěny na opačných stranách roviny výkresu, neboť takto má takovéto umístění menší sklon vyvolávat vznik městnání kapaliny, což by mohlo vést ke srážení krve. Provedení znázorněné na obr. 3 je schopné působit dokonale jako srdce se dvěma komorami. Prostor 46 naplněný vzduchem mezi tuhými deskovými stěnami 44,45 a prostory 36,37, umístěné vně příslušných obvodových pohyblivých stěn 50,50' slouží jako pomocné objemy, které vytvářejí maximální tlak na vtokových otvorech 47,48, při

kterém může krev vstupovat. Tento pomocný objem může být upraven tak, že je ve spojení s dalším objemem přes ventily omezující tlak, například se vzduchovým měchem obklopujícím čerpadlo a obsahujícím motor. Takový měch může také sloužit k tomu, aby celému uspořádání jako celku udělil hustoty odpovídající střední hustotě obsahu hrudníku, čímž umožní uspořádání se "pohybovat" na jeho místě a být nezávislým na poloze popsaného provedení.

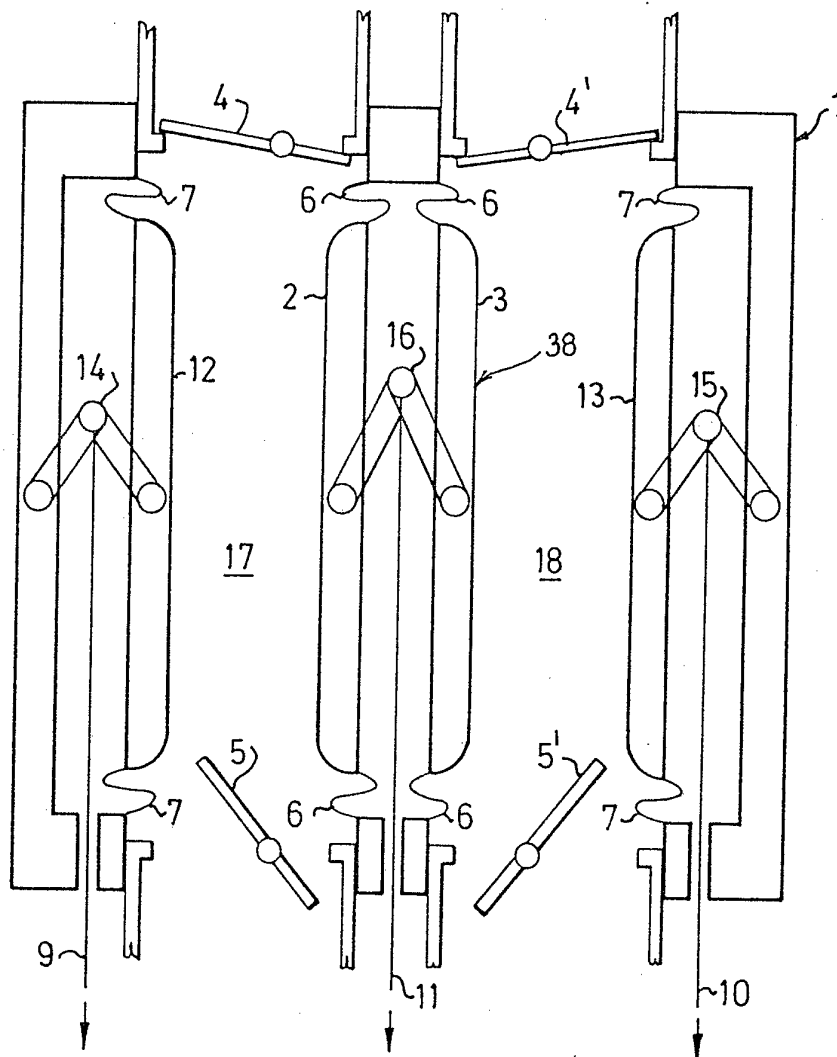
Plnění komor 42,43 může být s výhodou podporováno tím, že se poměrně slabá tažná pružina (není znázorněna, ale poukazuje se na obr. 2A a 2B) umístí mezi tuhé deskové stěny 44,45. Jinou možností je vytvořit obvodové pohyblivé stěny 50,50' jako pružné. Tento pružný účinek, který dovoluje naplňování komor 17,18,26,27,42,43 napodobujících srdeční komoru a vyprazdňování síní 28,29,34,35 doplňuje účinek vyvolávaný pružností plynu v komorách 17,18,26,27,42,43 naplněných plynem, přičemž tyto dva účinky zesilují tlumicí účinek síně 28,29,34,35 na přitékající krev a přitékající proudy kapaliny jsou plynulé navzdory značným pulzacím výtoků.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

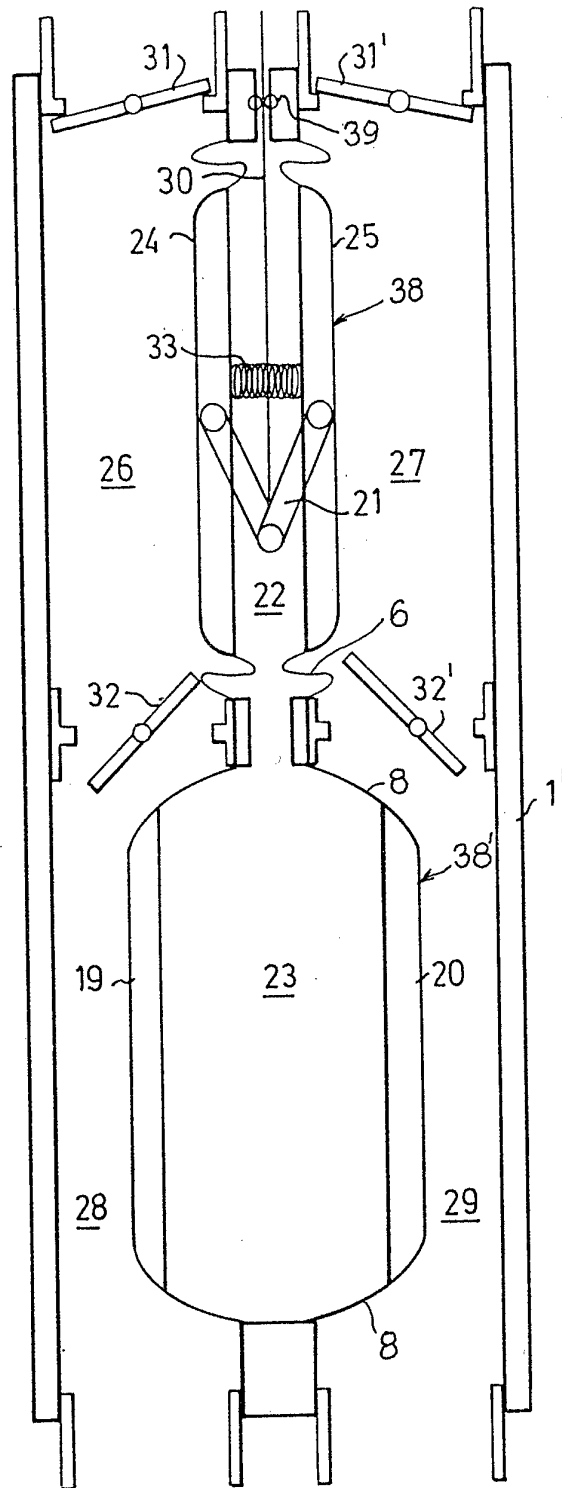
1. Dvojité čerpadlo pro použití jako umělé srdce obsahující dvě komory upravené vedle sebe a uspořádané jako srdeční komory, z nichž každá má vtok a výtok prostředím, opatřené vtokovými a výtokovými jednocestnými ventily, a dále obsahující hnací ústrojí pro opakovaně měnění objemu uvedených komor, pro nasávání a vytlačování dopravovaného prostředí příslušnými vtoky a výtoky, vyznačující se tím, že tuhá vnější skříň (1,1') je opatřena přepážkou (38), sestávající ze dvou sousedních, vzájemně pohyblivě uspořádaných tuhých deskových stěn (2,3,24,25,44,45) spojených pohyblivě s pevnými částmi tuhé vnější skříň (1,1',41) a dále opatřena přídavnými bočně pohyblivými deskovými stěnami (12,13) popřípadě přídavnými bočně pohyblivými ohebnými stěnami (50,50') protilehlými přepážce (38) a tvořícími s ní odpovídající komory (17,18,26,27) popřípadě s tuhými částmi tuhé vnější skříň (41) příslušné komory (42,43) a spojenými pohyblivě s pevnými částmi tuhé vnější skříň (1,1',41), přičemž výtokové jednocestné ventily (4,4',31,31') a vtokové jednocestné ventily (5, 5',32,32',40,40') obou příslušných komor (17,18,26,27,42,43) jsou spojeny buď s vnějším oběhem nebo s odpovídajícími síněmi (28,29,34,35) tohoto dvojitého čerpadla.
2. Dvojité čerpadlo podle bodu 1, vyznačující se tím, že tuhá vnější skříň (1') je opatřena vnitřní přepážkou (38'), sestávající ze dvou sousedních vzájemně pohyblivých tuhých deskových stěn (19,20) spojených pohyblivě s tuhým vnějším skříň (1') a tvořící se stěnami tuhé vnější skříň (1') síně (28,29).
3. Dvojité čerpadlo podle bodu 1, vyznačující se tím, že mezi tuhými deskovými stěnami (24,25) přepážky (38) je vytvořen prostor (22) s měnitelným objemem, který obsahuje plynné prostředí a je spojen s prostorem (23) rovněž s měnitelným objemem, mezi tuhými deskovými stěnami (19,20) přepážky (38').
4. Dvojité čerpadlo podle bodu 1, vyznačující se tím, že tuhé deskové stěny (2,3,24,25,44,45) přepážky (38) mezi komorami (17,18,26,27,42,43) tuhé vnější skříň (1,1',41) jsou spolu kloubově spojeny kloubovou pákovou soustavou (16,21,55) s tažnou pružinou (33).
5. Dvojité čerpadlo podle bodu 1, vyznačující se tím, že tuhé deskové stěny (2,3,24,25,44,45) přepážky (38) uspořádané pohyblivě mezi komorami (17,18,26,27,42,43) tuhé vnější skříň (1,1',41) jsou vzduchotěsně poddajně spojeny s jejími pevnými částmi například vlnovcem (8).

6. Dvojité čerpadlo podle bodu 1, vyznačující se tím, že přídatné bočně pohyblivé deskové stěny (12,13) komor (17,18) jsou kloubově spojeny s kloubovou pákovou soustavou (14,15) s pevnými částmi vnější tuhé skříně (1), například vlnovcem (7).
7. Dvojité čerpadlo podle bodu 4 nebo 6, vyznačující se tím, že střední klouby kloubových pákových soustav (14,15,16,21,55) jsou spojeny se zevní částí tuhé vnější skříně (1,1',41) tažnými ovládacími vlákny (9,10,11,30,49) procházejícími tažným ústrojím (39).
8. Dvojité čerpadlo podle bodu 1 a 7, vyznačující se tím, že po obou stranách komor (42,43) jsou v tuhé vnější skříně (41) vytvořeny síně (34,35) spojené s komorami (42,43) vtokovými jednocestnými ventily (40,40'), přičemž síně (34,35) mají jednu obvodovou pohyblivou stěnu (50,50') a objemově měnitelný prostor mezi obvodovou pohyblivou stěnou (50,50'), uspořádanou jako ohebnou a vnitřní stěnou tuhé vnější skříně (41) je spojen kanálem (51,52) s vnitřním prostorem (46), vytvořeným jako objemově měnitelný, mezi tuhými deskovými stěnami (44,45) přepážky (38) mezi komorami (42,43).

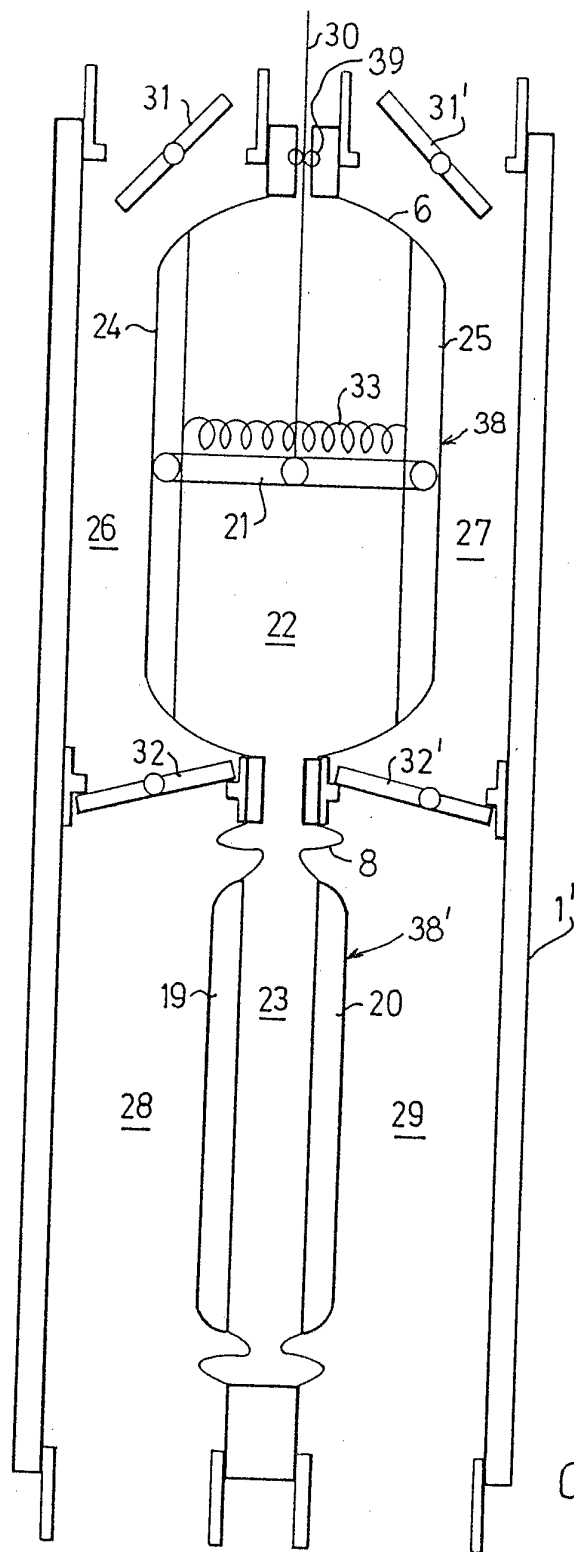
4 výkresy



Obr .1



0br.2A



Obr. 2B

