



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

212574

(11) (B1)

(51) Int. Cl.³

F 16 F 9/00

(22) Přihlášeno 30 11 79
(21) (PV 8309-79)

(40) Zveřejněno 31 08 81

(45) Vydáno 15 08 84

(75)

Autor vynálezu

TESAR VÁCLAV ing. CSc., PRAHA

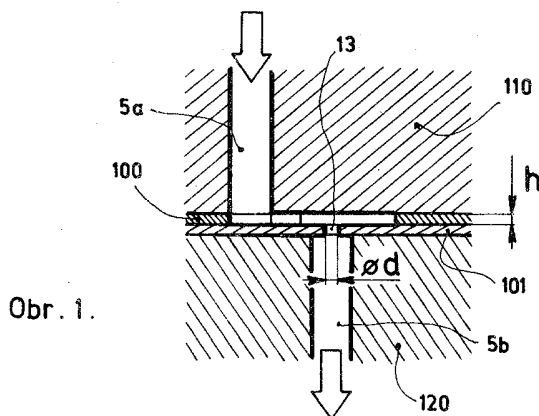
(54) Zařízení k tlumení průtoků tekutiny a mechanických pohybů
převedených na průtoky

Vynález se týká tlumení průtoků tekutiny, zejména za účelem potlačení přechodových procesů vznikajících například při náhlém výskytu oscilací nebo při jiných náhlých změnách stavu v hydraulických nebo pneumatických soustavách. Zejména se předpokládá uplatnění tam, kde mají být tlumeny mechanické pohyby tak, že jsou vhodným - například pístovým - mechanismem převedeny na tlumený průtok tekutiny: kapaliny nebo plynu.

Účelem vynálezu je dosažení progresivní tlumení, tj. toho, že při zvětšování průtoku tlumicí účinek roste. K tomu se využívá jiný než dosud používaný mechanismus vzniku tlakového spádu překonávaného protékající tekutinou, a sice odstředivého zrychlení vznikajícího při rotaci tekutiny. Rotace se podle vynálezu vyvoďí bez pohyblivých součástí tím, že se tekutina přivádí tangenciálně do komůrky, z níž vytéká středem. Závislost mezi tlakovým spádem a průtokem je v širokém rozmezí geometrických parametrů kubická. Tím, že k rotaci nedochází při zpětném průtoku, se umožňuje rychlý návrat tekutiny do výchozího stavu.

Tlumení podle tohoto vynálezu mohou nalézt uplatnění v hydraulických nebo pneumatických soustavách obráběcích či jiných výrobních strojů a dopravních prostředků, ale také i v zavlažovacích nebo kanalizačních soustavách a vůbec všude tam, kde je ovládnut průtok tekutin. Uspořádání k tlumení mechanických pohybů převedených na průtoky může nalézt uplatnění v tlumičích pro podvozky motorových vozidel, ale také například při tlumení oscilací výškových budov apod.

212574



Obr. 1.

Vynález se týká hydraulických nebo pneumatických, souhrnně řečeno fluidických odporů sloužících k tlumení průtoků tekutiny, kapaliny nebo plynu, a to zejména v případech, kdy mají být tlumeny mechanické pohyby, které se vhodným převodníkem, například pístovým nebo membránovým, převedou na průtok tekutiny. Někdy, zejména v technice hydraulických soustav, se takovéto odpory často označují jako katarakty.

Mnohdy se žádá, aby takovéto odpory fungovaly progresivně, to jest tak, aby tlumení bylo malé při pomalém průtoku, avšak aby se tlumicí efekt zvětšoval s rostoucí rychlostí proudění tekutiny - tedy při tlumení mechanických pohybů s rostoucí rychlostí pístu a s ním spojených dalších součástí. U dosud známých provedení se této progresivity dosahuje ventilovým uspořádáním kataraktu s proměnlivým protékaným průřezem. Tlumení je zde důsledkem nutnosti překonávat tlakový spád při průtoku malým otvorem, přičemž průměr otvoru je zmenšen tím, že do něj zasahuje pohyblivá součástka.

Ta je podepřena pružinou, jež se silovým účinkem tlakového spádu na odporu deformuje tak, že pohyblivá součástka je ještě více zasouvána do protékaného průřezu a tím jej zmenšuje. Lze se setkat s tím, že pro větší jednoduchost takového progresivně fungujícího kataraktu je pohyblivá součástka přímo tvořena částí pružiny, například pružiny talířové, která současně představuje kuželku talířového ventilu. Tlakový spád na kataraktu deformuje talíř tak, že se zmenšuje průřez pod talířem, jímž tekutina prochází.

Nevýhodou všech těchto uspořádání je především to, že značně namáhaná součástka, již je pružina, se může po větším počtu zátěžových cyklů porušit. Musí být zhotovována z kvalitního a tím dražšího materiálu a její výroba se prodražuje nutností zvláštního tepelného zpracování. Montáž kataraktu představuje náročnou a drahou ruční práci, není vyloučena možnost nesprávné montáže, zejména po opravách mimo výrobní závod. Vždy hrozí nebezpečí, že nečistoty unášené tekutinou uvíznou v kataraktu tak, že znemožní správnou funkci.

V řadě aplikací se vyžaduje, aby tlumení nebylo stejné v obou směrech průtoku. Pak bývá katarakt doplňován druhým, například také talířovým ventilem (může jít ovšem i o ventilek kuličkový nebo jiný), který se otevírá při zpětném směru proudění a umožňuje, aby nazpět protékala tekutina větším průřezem. S použitím druhého ventilku se ovšem dále množí všechny nevýhody, jako se zmíněným dosažením progresivity tlumení.

Z patentové literatury je známo tlumení průtoku kataraktem vytvořeným jako vírová dioda s rotačně symetrickou komůrkou, do níž v závěrném směru průtoku tekutina vtéká tryskou skloněnou tak, že osa trysky prochází mimo osu rotační symetrie vírové komůrky. Z vírové komůrky pak tekutina odchází výstupním otvorem ležícím v ose rotační symetrie komůrky nebo poblíž této osy. V britském patentovém spise č. 1 256 903 je popsáno uspořádání takovéto diody v hlavě válce pístového mechano/fluidického převodníku, jímž se dosahuje tlumení výtoků tekutiny z válce. Výhodou je, že odpadá druhý ventilek pro usnadnění zpětného průtoku, neboť dioda sama usnadňuje toto proudění, při němž nenastává ve vírové komůrce rotace. Jako druhá výhoda se uvádí, že protékané dutiny v kataraktu mohou mít větší průřez než běžné katarakty, jejichž tlumicí funkce je založena pouze na lokálním zmenšení průřezu.

S diodou jako kataraktem se však dosud dosahovalo pouze kvadratické závislosti mezi průtokem a tlakovým spádem na odporu a problémem bylo dosažení progresivního tlumení s vyšším exponentem závislosti. Výše uvedené nedostatky odstraňuje tlumení průtoků tekutiny, u něhož do kanálku pro průtok tekutiny je vložena nejméně jedna vírová komůrka rotačně symetrického tvaru s přívodem tekutiny do této komůrky nejméně jednou tryskou na obvodu, kde tato tryska je skloněna tak, že osa trysky prochází mimo osu rotační symetrie vírové komůrky a s vývodem tekutiny výstupním otvorem ležícím u osy rotační symetrie vírové komůrky nebo přímo v této ose podle tohoto vynálezu, jehož podstatou je, že poměr průměru vírové komůrky k výšce vírové komůrky je v rozmezí od 8 do 40 a dále že poměr průměru

vírové komůrky k průměru výstupního otvoru je v rozmezí od 6 do 25 a konečně to, že poměr průměru vírové komůrky k šířce trysky je menší než 30.

Zejména je účelné, aby k tlumení mechanických pohybů převedených na průtoky sloužilo takovéto použití, u něhož je tryska přívodním kanálkem spojena s mechano/fluidickým převodníkem, například pístovým, tak, že výstupní otvor je vývodním kanálkem spojen s akumulacním prvkem, například dutinou obsahující plyn.

Podle vynálezu je zejména účelné, aby poměr průměru vírové komůrky k výšce vírové komůrky byl v rozmezí do 14 do 22.

Konečně je podle vynálezu účelné, aby poměr průměru vírové komůrky k průměru výstupního otvoru byl v rozsahu od 9 do 16.

Výhodou dosaženou vynálezem je autorem objevená skutečnost, že tlakový spád na vírové diodě nebo přesněji spád specifické hodnoty energetického obsahu tekutiny na vírové diodě závisí při takovéto geometrii, charakterizované velmi plochým, nízkým tvarem vírové komůrky a relativně velmi malým výstupním otvorem, na vyšší mocnině průtoku, než je tomu u jakýchkoliv jiných známých fluidických prvků. Bez pohyblivých součástí, přinášejících výše zmíněné nevýhody, se tedy dosahuje progresivní funkce kataraktu. V dosti širokém rozmezí geometrických parametrů diody bylo experimentálně ověřeno, že tlakový spád a tedy i tlumicí efekt závisí na třetí mocnině procházejícího průtoku.

Z charakteru kubické závislosti vyplývá, že tedy spád na diodě vzrůstá podstatně rychleji, než zvětšující se průtok. Při malých průtocích klade dioda malý odpor proti pohybu tekutiny, avšak jakmile se průtok zvětšuje, představuje dioda stále větší a větší překážku proti průtoku. Přitom tak jako u jiných diodových kataraktů nejsou zde žádné součástky výrazněji mechanicky namáhané. Celý katarakt je tvořen pouze dutinami jednoduchého, snadno vyrobitelného tvaru. Odpadá komplikovanější montáž a nemůže proti dojít ani k eventuální vadné funkci, která by byla způsobena nesprávnou montáží buď ve výrobním závodě, nebo zejména při opravách.

Protože tlakový spád na diodě je důsledkem vyvolaných odstředivých zrychlení při rotaci tekutiny, mají dutiny vírové diody větší rozměry, než jsou průřezy otvůrků běžných kataraktů se srovnatelným tlumícím účinkem. Díky těmto větším rozměrům je diodový katarakt podle tohoto vynálezu méně náchylný k eventuálnímu zanesení nebo ucpání nečistotami v kapalině. Protože zde nejsou pohyblivé součástky, nemůže dojít k znemožnění funkce jak tím, že by se mezi součástku a vodící plochu zaklínila částice nečistoty, tak i tím, že by se pohyblivá součástka zasekla nebo zadřela. Nemůže zde také dojít k postupné degradaci funkce vyběháním nebo vydržením kontaktních nebo dosedacích ploch.

Protože při zpětném směru proudění (otevřený stav diody) nedochází k rotaci ve vírové komůrce, dosahuje se automaticky bez dalších součástí změna tlumení ve zpětném směru. Pokud taková změna není žádoucí, budou použity dvě diody za sebou opačně orientované. Vzhledem k jejich extrémní jednoduchosti a snadné výrobě obou diod vyvrtáním v tomtéž tělísku, neznamená takové zdvojení žádnou podstatnou komplikaci nebo výrazně vyšší cenu.

Vynález je blíže objasněn na připojených obrázcích, kde na obr. 1 je naznačen řez kataraktem podle vynálezu vedený v ose symetrie vírové komůrky, na obr. 2 je pohled na vírovou komůrku téhož příkladu provedení ve směru osy symetrie komůrky, na obr. 3 je schematicky naznačen kapalinový tlumič s kataraktem podle vynálezu a na obr. 4 je diagram, znázorňující výhody kataraktu.

V příkladu provedení kataraktu, znázorněném na obr. 1 a obr. 2, není dioda zhotovena přímým vyvrtáním v bloku materiálu, ale je vytvořena ve dvou plechových destičkách sevřených mezi dvěma kovovými stěnami. Toto uspořádání bylo totiž použito autorem vynálezu při laboratorních pokusech. Základní částí je vírová komůrka 12. Ta je provedena jako otvor v první destičce 100. U zkoušeného uspořádání měl například tento otvor průměr 20 mm, první destička měla tloušťku 1 mm. V horní stěně 110 je vyvrtán přívodní kanálek 5a, v dolní stěně 120 je pak vývodní kanálek 5b. Průtok tekutiny z vírové komůrky 12 do vývodního kanálku 5b umožňuje výstupní otvor 13. Ten je zde vyvrtán ve druhé destičce 101. Nachází se právě v ose vírové komůrky 12.

Při pokusech byl například zjišťován vliv průměru výstupního otvoru 13. Ukázalo se, že dioda fungovala tak, že její charakteristika byla kubická, pro libovolný průměr d v mezích od 1 mm do 2,4 mm. Při větších nebo menších průměrech se dostal exponent charakteristiky o něco menší než 3,00, ale stále se dostával progresivní průběh tlumení. Při zkouškách také byla měněna výška vírové komůrky 12 tak, že díra $\varnothing$ 20 mm byla vyvrtána v destičkách s různou tloušťkou. Opět byl zjištěn jen malý vliv na exponent charakteristiky v rozmezí výšek h od 0,6 mm do 2 mm. Výška druhé destičky 101 byla 1 mm. Přívod tekutiny do vírové komůrky 12 je proveden tryskou 11, která je v naznačeném provedení zhotovena jako profrézovaná drážka v první destičce 100, mezi vírovou komůrkou 12 a přívodním otvorem 15, navazujícím na přívodní kanálek 5a. Polohu této drážky ukazuje obr. 2. Je patrné, že tekutina vytékající z trysky 11 musí ve vírové komůrce 12 rotovat.

U tlumiče na obr. 3 má být tlumen pohyb, vyvolaný náhlou změnou působící síly 1. Jako u jiných kapalinových tlumičů vyvolává síla 1 prostřednictvím pístu 2 průtok tekutiny 4. Podobně by ovšem tento průtok mohl být vyvolán použitím membrány nebo vlnovce. V naznačeném uspořádání tekutina 4 při svém průtoku opouští válec 3 a kanálkem 5, rozděleným na přívodní kanálek 5a a vývodní kanálek 5b, prochází do akumulčního válce 33. Zde kapalina 4 vyvolává pohyb akumulčního pístu 22. Akumulace tekutiny 4 v akumulčním válci 33 je umožněna tím, že akumulční píst 22 je podepřen pružinou 6.

Ovšemže namísto pružiny 6 by bylo možné využít například plynového polštáře v uzavřeném prostoru apod. Kataraktový odpor je vložen mezi obě části kanálku 5. Je tvořen vírovou diodou 10. Její základní částí je vírová komůrka 12 s přívodem tekutiny 4 tryskou 11 skloněnou do tangenciálního směru. Ovšemže pro symetrii proudění ve vírové komůrce 12 může být účelné použít například počtu trysek 11 na obvodě vírové komůrky 12 nebo podobných úprav, jimiž se skutečné provedení bude lišit od uspořádání z obr. 2 a obr. 1.

Nicméně základní princip je tentýž. Přitékající tekutina 4 přichází s jistým momentem hybnosti, který se do značné míry zachovává při průtoku do výstupu. To znamená, že jak se při postupu k ose vírové komůrky 12 zkracuje rameno rotace, musí vzrůstat rychlost rotačního pohybu. Tekutina blízko osy rotuje tak rychle, že vyvolané odstředivé zrychlení účinkuje velmi výrazným účinkem proti působícímu tlakovému spádu, rozdílu tlaku mezi oběma válci. Spád specifické hodnoty energetického obsahu tekutiny lze, jak známo, přibližně vyjádřit z tlakového spádu na diodě ΔP podle vztahu:

$$\Delta e = v \cdot \Delta P$$

kde v [m^3/kg] je specifický objem tekutiny 4. Pro diodový katarakt platí pak závislost na průtoku Q [kg/s]:

$$\Delta e = Q_3 (\text{om})^3$$

Bude-li kapacitance C [kg^2/J] vyjadřovat akumulční schopnost akumulčního válce 33, pak při zanedbání setrvačnosti pohyblivých součástí bude časová konstanta znázorněného tlumiče

$$\tau = c \sqrt{Q_3 \Delta e_\infty^2}$$

kde Δe_∞ je počáteční energetický spád na diodovém kataraktu. Je to také přírůstek energie tekutiny 4 v akumulačním válci 33 na konci přechodového procesu, způsobeného náhlým zvýšením velikosti působící síly 1. Na obr. 4 je v diagramu zachyceno, jak probíhá vzrůst energie a tedy prakticky i tlaku tekutiny 4 v akumulačním válci 33 po takové náhlé změně. Současně je zde pro srovnání zachycen průběh pro lineární soustavu se stejnou velikostí časové konstanty τ . Bude-li poměr okamžité hodnoty energetického rozdílu Δe k hodnotě po ustálení Δe_∞ označen jako

$$\eta = \Delta e / \Delta e_\infty$$

dostává se pro kubický katarakt, že s časem t probíhá η podle závislosti

$$\eta = 1 - \sqrt[3]{1 - \frac{2}{3} \frac{t}{\tau}}$$

Tomuto vztahu odpovídá plná čára 20 na obr. 4, kdežto čárkovaná čára 30 zachycuje průběh u lineárně probíhajícího tlumení, který je dán známou exponenciální závislostí.

$$\eta = 1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

Z tohoto srovnání vyplývá důležitá výhoda kataraktů podle tohoto vynálezu. Je zřejmé, že při stejné počáteční rychlosti změny (stejném sklonu tečny k oběma čarám v čase $t = 0$, dané stejnou velikostí časové konstanty) bude přechodový proces probíhat u kataraktu podle vynálezu tak, že skončí mnohem dříve. Pomalu se ustalující tlumič s lineárním tlumením dosáhne poměrné hodnoty energetického spádu $\eta = 0,9$, tedy 90 % konečného stavu, až v čase $t = 2,31 \cdot \tau$. Naproti tomu tlumič s kataraktem podle vynálezu dosáhne této 90% úrovně již za $t = 1,177 \tau$.

Zatímco na počátku procesu je tlumicí efekt u obou stejný, postupně se u vírové diody 10 tento účinek zmenšuje a tekutina se může do akumulačního válce 33 ke konci přechodového procesu dostávat již snadněji. Stále stejný, neprogresivní tlumicí efekt u lineárního kataraktu znamená, že na konci děje je tento efekt relativně zbytečně velký a vede k nevýhodnému prodloužení procesu. Jak ukazuje obr. 4, u kataraktu s kubickou charakteristikou podle tohoto vynálezu dojde k úplnému vyrovnání a ukončení přechodového procesu již za dosti krátkou dobu rovnou 1,5násobku časové konstanty τ . S lineárním tlumením se stav v akumulačním válci 33 stále jen blíží k ustálenému stavu, proces probíhá asymptoticky a teoreticky dochází k vyrovnání až po nekonečně dlouhé době.

Známymi prostředky lze ovšem realizovat tlumení s kvadratickým průběhem charakteristiky, která má zřejmě výhodnější vlastnosti než tlumení lineární. Nicméně kubický průběh je ještě mnohem výhodnější než kvadratický.

Vyprazdňování nebo plnění akumulační dutiny přes katarakt je základem funkce hydraulických nebo pneumatických (fluidických) časových spínačů. Je to proces zcela analogický k nabíjení nebo vybíjení kondenzátoru přes odpor u časových spínačů nebo podobných zařízení (např. generátorů pilovitého průběhu) v elektrotechnice. Fluidickým uspořádáním lze zejména snadno realizovat spínače pro extrémně dlouhé časové intervaly, i takové, jaké v elektrotechnice by již vycházely za hranicemi možností. V zásadě je uplynutí předem zvoleného intervalu indikováno dosažením jisté úrovně, například u fluidického časového spínače dosažením určité úrovně hodnoty η při průběhu podle obr. 4.

Indikace může být tím přesnější, čím strmější je průběh křivky $\eta = f(t/\tau)$ v okamžiku dosažení této úrovně. Při použití prvků majících lineární charakter to znamená, že nemůže být účelně využita kapacitance použitého akumulačního prvku, neboť dostatečnou strmost má

čárkovaná čára 30 jen ve své dolní části. V horní části malá strmost způsobí, že i malá změna úrovně vede k podstatné odchylce v délce časového intervalu. V elektrotechnice je problém řešen složitými zapojeními se zpětnou vazbou.

Známy je např. tzv. Millerův integrátor. Nevýhodou je ovšem vyšší cena a menší spolehlivost a životnost v důsledku použití aktivních prvků (zesilovačů). To, že s kubickým diodovým kataraktem podle vynálezu se dostává - jak ukazuje plná čára 20 na obr. 4 - - průběh se značnou strmostí v celém rozsahu φ , je problém řešen u hydraulických nebo pneumatických obvodů s časovým zpožděním daleko jednodušeji, levněji a výhodněji.

Způsob tlumení podle tohoto vynálezu a odpar (katarakt) pro provádění podle tohoto způsobu mohou nalézt uplatnění všude tam, kde má být omezován a tlumen průtok tekutiny, například v hydraulických či pneumatických systémech obráběcích či jiných výrobních strojů (např. rypadel), letadel a jiných dopravních prostředků, ale také například i v zavlažovacích soustavách. Při použití v hydraulických tlumičích může nalézt uplatnění zejména v automobilovém průmyslu, ale také například při tlumení oscilací výškových budov či stožárů apod.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

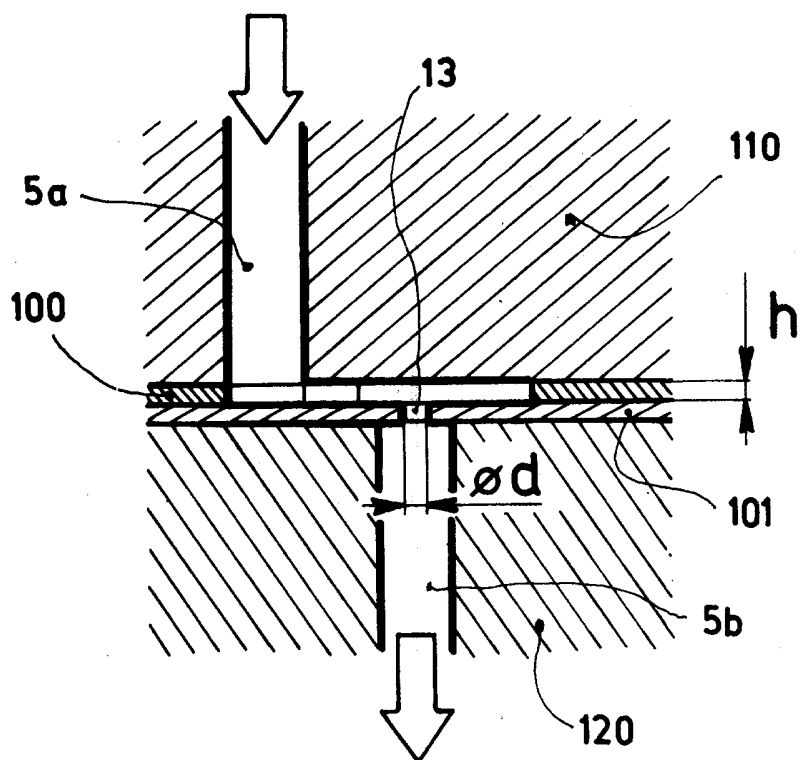
1. Zařízení k tlumení průtoků kapaliny, u něhož do kanálku pro průtok tekutiny je vložena nejméně jedna vírová komůrka rotačně symetrického tvaru s přívodem tekutiny do této komůrky nejméně jednou tryskou na obvodu, která je skloněna tak, že osa trysky prochází mimo osu rotační symetrie vírové komůrky a s vývodem tekutiny výstupním otvorem ležícím u osy rotační symetrie vírové komůrky nebo přímo v této ose, vyznačující se tím, že poměr průměru D [m] vírové komůrky (12) k výšce h [m] vírové komůrky (12) je v rozmezí od 8 do 40 a dále, že poměr průměru D [m] vírové komůrky (12) k průměru d [m] výstupního otvoru (13) je v rozmezí od 6 do 25 a konečně tím, že poměr průměru D [m] vírové komůrky (12) k šířce b [m] trysky (11) je menší než 30.

2. Zařízení k tlumení mechanických pohybů převedených na průtoky podle bodu 1, u něhož je tryska přívodním kanálkem spojena s mechano/fluidickým převodníkem, například pístovým, vyznačující se tím, že výstupní otvor (13) je vývodním kanálkem (5b) spojen s akumulacním prvkem, například dutinou obsahující plyn.

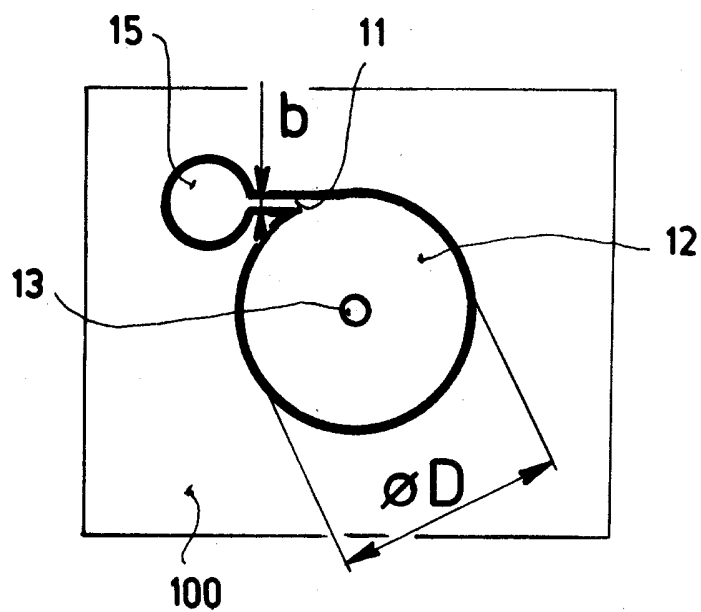
3. Zařízení podle bodů 1 nebo 2, vyznačující se tím, že poměr průměru (D) vírové komůrky (12) k výšce (h) vírové komůrky (12) je v rozmezí od 14 do 22.

4. Zařízení podle bodů 1, 2 nebo 3, vyznačující se tím, že poměr průměru (D) vírové komůrky (12) k průměru (d) výstupního otvoru (13) je v rozsahu od 9 do 16.

2 listy výkresů

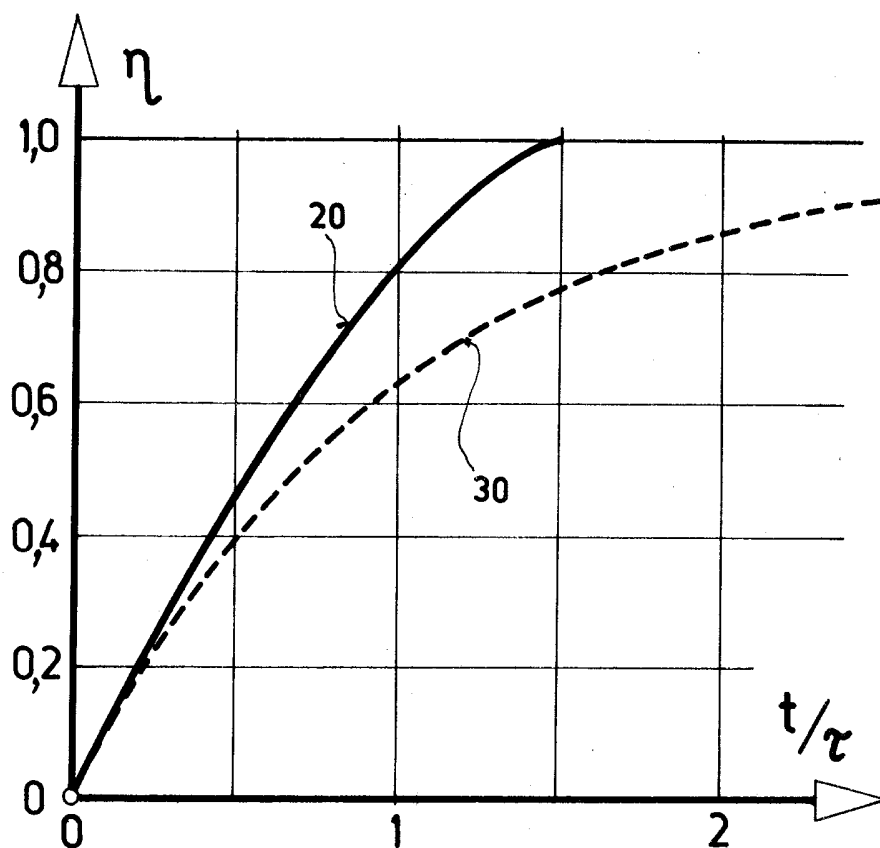
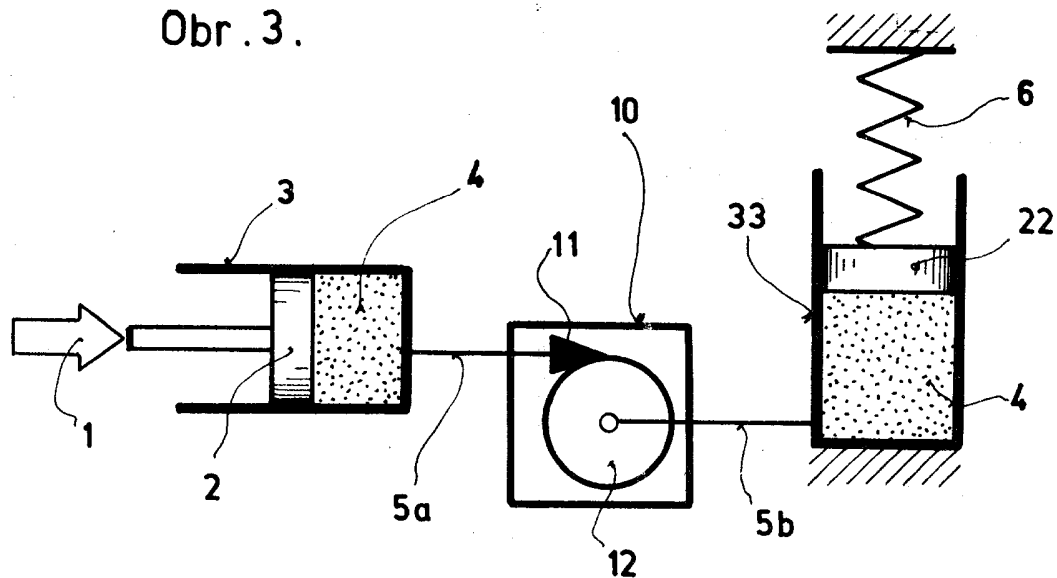


Obr. 1.



Obr. 2.

Obr. 3.



Obr. 4.