

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

30 176

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

F04D 3/02 (2006.01)

F03B 3/04 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2016-32633**

(22) Přihlášeno: **29.07.2016**

(47) Zapsáno: **20.12.2016**

(73) Majitel:
Vysoké učení technické v Brně, Brno, CZ
ASIO, spol. s r.o., Brno, Horní Heršpice, CZ
ČKD Blansko Engineering, a.s., Blansko, CZ

(72) Původce:
prof. Ing. František Pochylý, CSc., Brno, CZ
doc. Ing. Simona Fialová, Ph.D., Brno, CZ
Ing. Michal Havlásek, Brno, CZ
Ing. Josef Mikulášek, Skalice nad Svitavou, CZ
Ing. Nina Kramerová, Brno, CZ

(74) Zástupce:
Ing. Petr Soukup, patentový zástupce, Vídeňská 8,
772 00 Olomouc

(54) Název užitého vzoru:
**Hydraulický stroj na principu Archimédova
šroubu**

CZ 30176 U1

Hydraulický stroj na principu Archimédova šroubu

Oblast techniky

Technické řešení spadá do oblasti objemových strojů a týká se hydraulického stroje na principu Archimédova šroubu.

5 Dosavadní stav techniky

Čerpadla na principu Archimédova šroubu jsou známa již tisíce let. V posledních dvou desetiletích se tohoto principu používá i v turbínovém provozu při projekci malých vodních elektráren.

Archimédova šroubu se využívá pro čerpání zejména znečištěných kapalin, v čistírnách odpadních vod a v chemickém a potravinářském průmyslu. Výhodou těchto čerpadel je dobrá propustnost i při dopravě pevných částic s poměrně vysokou hydraulickou účinností. Jejich nevýhodou je vysoká hlučnost, způsobená vírovými strukturami v souvislosti s otevřenou volnou hladinou vyvolávajícími tlakové pulzace na širokém pásmu frekvencí. Významné jsou zejména nízké frekvence, kdy může docházet ke vzniku rezonančního kmitání. Vzhledem k silným tlakovým pulzacím dochází ovšem i mimo rezonanci k velkým amplitudám vynucených kmitů, které omezují délku šroubové části rotoru bez podepření.

Při větších délkách rotoru je nutno používat další kluzné ložisko, které je ovšem zatížené značnými nestacionárními silami. Proto se většinou kluzných ložisek nevyužívá a tuhost rotoru se nahrazuje velkou výškou lopatky Archimédova šroubu v kombinaci s větším počtem závitů. To ovšem konstrukci významným způsobem prodražuje a neúměrně se zvyšuje spotřeba materiálu. V případě použití Archimédova šroubu v turbínovém provozu je limitujícím faktorem malá délka rotoru vzhledem k možnému zpracování spádu. Další nevýhodou jsou velké objemové ztráty při velké vůli mezi rotorem a statorem, která je dána značnými výchylkami rotoru při jeho vynuceném kmitání. Dále se při pohybu Archimédova šroubu na základě výměny kinetické energie mezi kapalinou a lopatkami Archimédova šroubu připojuje k lopatkám šroubu jistá přídavná hmotnost od kapaliny vyžadující zvětšení výšky lopatky, čímž se sice zvýší statická tuhost, ale vlastní frekvence rotoru může klesnout.

Funkční část rotoru hydraulického stroje je tvořena spirálou, navinutou na válcové ploše, tedy šroubovicí. Jsou známa různá provedení tvaru spirály, válcové plochy a statoru, podle jejichž tvaru lze rozlišit typy hydraulických strojů s Archimédovým šroubem na stroje se symetrickou šroubovicí, stroje s rovnoměrnou změnou stoupání šroubovice, stroje s kónickou šroubovicí, stroje se sériovým řazením šroubovice a stroje se zborcenými lopatkami.

Klasickou konstrukcí je stroj se symetrickou šroubovicí, která má konstantní průměr a stoupání, kde plocha šroubovice je přímková, tedy řez listem tvoří úsečku. Toto provedení je popsáno například ve spisech CZ17561U1, DE3504438A1, DE3913148C1, DE4139134A1, DE19507149A1, DE19706087A1, DE102009007028A1, DE102012012925A1, DE102012013912A1, DE102014100999A1, DE202009009598U1, DE202009009968U1, DE202010001741U1, DE202010017800U1, WO2010082129A1, EP1930597A2, EP2461016A1, EP2461017A1, WO2011128640A2, EP2735728A1, EP2759695A1, WO2013054037A1, EP2865885A1. Nevýhodami této konstrukce jsou malá dopravní výška u čerpadel, krátká délka rotoru u turbín, mechanická vibrace a hlučnost. Ve snaze o odstranění uvedených nedostatků byly navrženy různé modifikace šroubovic.

Ke zvýšení dopravní výšky u čerpadel se využívá změny stoupání šroubovice, které může být rovnoměrné po celé délce šroubovice, nebo může být změna stoupání použita jen u několika prvních či posledních závitů. Toto řešení je popsáno například ve spisech CN101725538A, CN201568312U, CN203394788U, DE2346255A1, FR2756019A1, CZ17561U1. Uvedeným provedením se sice dosáhne jistého zvýšení dopravní výšky při zachování délky rotoru, ale neodstraní se mechanické problémy konstrukce, jako jsou zvýšené vibrace, hluk a objemové ztráty.

K omezení mechanických vibrací a zvýšení dopravní výšky byla navržena řešení se sériově řazenými šroubovicemi, mezi kterými je umístěno další vodící ložisko rotoru. Tato řešení jsou popsána ve spisech CN104214070A, CN104214070A, CN203584830U, CN203614428U, DE102014112239B3, WO2012013973A1, EP0856665B1. Tímto způsobem sice bylo dosaženo vyšší dopravní výšky a zvětšení délky rotoru, ovšem za cenu velmi robustních konstrukcí s nepoměrně vyššími finančními náklady.

Dalším konstrukčním řešením, které si klade za cíl zvýšit dopravní výšku a eliminovat mechanické vibrace a hluk, je provedení rotoru se šroubovicemi se změnou průměru listu šroubovice. Toto řešení je popsáno například ve spisech CN202883386U, CZ303080B6, DE102010022935A1, WO2012034616A1, DE102012101785A1, DE202010004056U1. Tímto provedením se sice dosáhlo vyšší dopravní výšky, ovšem opět za cenu velmi robustních konstrukcí a vysoké spotřeby materiálu při nižší hydraulické i objemové účinnosti, přičemž došlo ke zvýšení hluku i mechanických vibrací.

Snaha o eliminaci negativních přídatných účinků od tekutiny a zavedení tlumení do konstrukce, zlepšení průběhu tlaků po lopatce a tím zvýšení měrné energie vedla k návrhu šroubovice se zborcenou plochou. Tímto řešením, které je popsáno například ve spisech DE202011000047U1, DE202012100029U1, DE202012104612U1, DE202013105524U1, DE202014100388U1, US20140265337A1, došlo pouze k nevýznamným úpravám dynamiky konstrukce, významné bylo zvýšení měrné energie.

Úkolem nového technického řešení je představit konstrukci hydraulického stroje, která snižuje tlakové pulzace, a tím i budící síly na rotor stroje, současně zvyšuje hydraulickou účinnost a tlumení spolu s odolností rotoru vůči rezonančnímu kmitání a dále umožňuje zvýšení jednak vlastní frekvence rotoru proti současnému stavu techniky a jednak i vůle mezi statorem a rotorem bez snížení objemové účinnosti.

25 Podstata technického řešení

Stanoveného cíle je dosaženo technickým řešením, kterým je hydraulický stroj na principu Archimédova šroubu sestávající ze satoru, rotoru a dalších jednotek a konstrukčních dílů, kde sator je tvořen průtočným tělesem, které má buď průřez ve tvaru shora otevřeného žlabu nebo ve tvaru uzavřené trubky, a rotor sestává z nosného hřídele, jehož povrch je v podstatě po celé délce opatřen jednochodou nebo vícechodou šnekovnicí, jejíž obalová křivka je válcová nebo kuželová nebo je tvořena kombinací plynule na sebe navazujících kuželové a válcové plochy. Podstatou technického řešení je, že šnekovnice je opatřena nerovnoměrným chaoticky se měnícím stoupáním závitů mezi jejími jednotlivými listy, kde pro krajní meze měnitelné velikosti vzdálenosti (H) mezi výstupními hranami listů vzhledem k srovnatelné teoretické hodnotě stoupání (s) pravidelné šnekovnice tvořené stejným počtem závitů na dané délce rotoru platí vztahy

$$H_{\min} = s - 1/3 s \qquad H_{\max} = s + 1/3 s,$$

přičemž pro mezní hodnoty volitelného úhlu (β) sklonu šnekovnice vzhledem k srovnatelné teoretické hodnotě ($\beta_{\text{prům}}$) sklonu pravidelné šnekovnice platí vztahy

$$\beta_{\min} = \beta_{\text{prům}} - 1/3 \beta_{\text{prům}} \qquad \beta_{\max} = \beta_{\text{prům}} + 1/3 \beta_{\text{prům}}.$$

Ve výhodných provedeních jsou listy šnekovnice tvořeny přímkovou plochou nebo zborcenou plochou a povrch šnekovnice rotoru nebo povrch vnitřní výstelky tělesa satoru nebo oba tyto povrchy jsou opatřeny hydrofobní vrstvou.

Předkládaným technickým řešením se dosahuje nového a vyššího účinku v tom, že dojde k silnému tlumení mechanických vibrací, zvýšení celkové účinnosti stroje a snížení akustických tlaků, tedy hlučnosti stroje. Dalším přínosem řešení je možnost provedení konstrukce stroje s větší délkou rotoru a relativně velkou spárou mezi rotorem a statorem. Hydrofobní úprava povrchu satoru i rotoru pak má zásadní vliv na konstrukci a provozní spolehlivost stroje.

Objasnění výkresů

Konkrétní příklady provedení technického řešení jsou schematicky znázorněny na přiložených výkresech kde:

- 5 obr. 1 je celkový axonometrický pohled na hydraulický stroj, jehož rotor je tvořen jednochodou šnekovnicí s válcovou obalovou plochou,
- obr. 2 je podélný řez částí rotoru hydraulického stroje z obr. 1,
- obr. 3 je příčný řez hydraulickým strojem z obr. 1,
- obr. 4 je příčný řez alternativním provedením hydraulického stroje s uzavřeným statorem,
- 10 obr. 5 je schematický podélný řez rotorem hydraulického stroje tvořeným šnekovnicí s nerovnoměrným stoupáním, jejíž listy jsou tvořeny přímkovou plochou,
- obr. 6 je meridiální řez rovinou šnekovnice z obr. 5,
- obr. 7 je schematický podélný řez alternativním provedením rotoru hydraulického stroje tvořeného šnekovnicí s nerovnoměrným stoupáním, jejíž listy jsou tvořeny zborcenou plochou,
- obr. 8 je meridiální řez rovinou šnekovnice z obr. 7,
- 15 obr. 9 je celkový axonometrický pohled na alternativní provedení hydraulického stroje, jehož rotor je tvořen dvouchodou šnekovnicí,
- obr. 10 je celkový axonometrický pohled na alternativní provedení hydraulického stroje, jehož rotor je tvořen jednochodou šnekovnicí s kuželovou obalovou plochou a
- 20 obr. 11 je celkový axonometrický pohled na alternativní provedení hydraulického stroje, jehož rotor je tvořen jednochodou šnekovnicí s obalovou plochou tvořenou kuželem plynule přecházejícím do válce.

Výkresy znázorňující představované technické řešení a následně popsané příklady konkrétního provedení v žádném případě neomezují rozsah ochrany uvedený v definici, ale jen objasňují podstatu technického řešení.

25 Příklady provedení technického řešení

- Hydraulický stroj je v základním provedení znázorněném na obr. 1 tvořen statorem 1, rotorem 2 a dalšími jednotkami a konstrukčními díly, jako jsou například generátor elektrické energie, pohonná jednotka, převodovka, zvedací a nosné zařízení apod., které se věcně netýkají přihlašovaného řešení, a proto nejsou znázorněny. Stator 1 je tvořen shora otevřeným průtočným tělesem 11 s průřezem ve tvaru žlabu, kde dnová část 111 je půlkruhová a přechází do vertikálně situovaných bočních stěn 112, jak je patrné z obr. 3. Rotor 2 sestává z válcového nosného hřídele 21, jehož povrch je v podstatě po celé délce opatřen šnekovnicí 22 s nerovnoměrným chaoticky se měnícím stoupáním závitů mezi jejími jednotlivými listy 221, jak je detailně znázorněno na obr. 2. Pro krajní meze měnitelné velikosti vzdálenosti H mezi výstupními hranami 2211 listů 221 pak vzhledem k srovnatelné teoretické hodnotě stoupání s pravidelné šnekovnice 22 tvořené stejným počtem závitů na dané délce rotoru 2 platí vztahy

$$H_{\min} = s - 1/3 s \qquad H_{\max} = s + 1/3 s,$$

přičemž pro mezní hodnoty volitelného úhlu beta sklonu šnekovnice 22 vzhledem k srovnatelné teoretické hodnotě prům sklonu pravidelné šnekovnice 22 platí vztahy

40
$$\beta_{\min} = \beta_{\text{prům}} - 1/3 \beta_{\text{prům}} \qquad \beta_{\max} = \beta_{\text{prům}} + 1/3 \beta_{\text{prům}}.$$

Na obr. 5 je pak schematicky vyobrazena šnekovnice 22 s nerovnoměrným stoupáním s označením různých hodnot H_n a β_n, přičemž se jedná o šnekovnici 22, jejíž listy 221 jsou tvořeny přímkovou plochou, což je patrné z řezu meridiální rovinou této šnekovnice 22 na obr. 6. Za účelem snížení objemových ztrát při čerpání a zajištění tlumení vibrací konstrukce stroje jsou jak povrch

šnekovnice 22 rotoru 2, tak povrch neoznačené vnitřní výstelky tělesa 11 statoru 1 opatřeny hydrofobní vrstvou.

- Popsané provedení stroje není jediným možným řešením podle technického řešení, ale jak je patrné z obr. 4, průtočné těleso 11 statoru 1 nemusí být ve tvaru žlabu, ale může být realizováno ve formě uzavřeného trubkového průřezu. Z obr. 7 a obr. 8 je zřejmé, že listy 221 šnekovnice 22 mohou být tvořeny zborcenou plochou, obalová křivka šnekovnice 22 nemusí být válcová, ale kuželová, což je znázorněno na obr. 10, nebo se může plynule měnit, jak je patrné z obr. 11. Konečně pak nemusí být stator 2 opatřen jednochodou šnekovnicí 22, ale dvouchodou šnekovnicí 22, jak je znázorněno na obr. 9, nebo tříchodou šnekovnicí 22.
- Při činnosti hydraulického stroje, jehož rotor 2 je opatřen šnekovnicí 22 s výše popsanou konstrukční úpravou stoupání dojde k značnému omezení vzniku nestacionárních vírových struktur vznikajících v prostoru mezi jejími listy 22, a tím ke snížení tlakových pulzací a snížení radiálních a axiálních sil. Nemohou vznikat vírové struktury s pravidelnou frekvencí, a tedy ani rezonanční kmitání. Vzhledem k eliminaci silových účinků dochází ke snížení amplitud vynuceného kmitání a k poklesu hladiny akustického tlaku, výsledkem čehož je ovlivnění statické hodnoty výsledné síly tak, že dojde k eliminaci axiální síly a vzniku statické síly nadzvedávající rotor 2 směrem od statoru 1, čímž je možno konstrukčně zmenšit vůli mezi těmito díly a případně a zvýšit délku rotoru 2. Tyto účinky se významně zvýší použitím hydrofobní úpravy povrchu šnekovnice 22 a výstelky průtočného tělesa 11 statoru 1, což způsobí prokluz kapaliny po listu šnekovnice 22, a tím další snížení hydraulických ztrát a kompenzací vírových struktur.

Průmyslová využitelnost

Hydraulický stroj na principu Archimédova šroubu podle technického řešení je určen pro využití zejména pro zabudování do čistíren odpadních vod a malých vodních elektráren.

NÁROKY NA OCHRANU

1. Hydraulický stroj na principu Archimédova šroubu sestávající ze statoru (1), rotoru (2) a dalších jednotek a konstrukčních dílů, kde stator (1) je tvořen průtočným tělesem (21), které má buď průřez ve tvaru šora otevřeného žlabu nebo ve tvaru uzavřené trubky, a rotor (2) sestává z nosného hřídele (21), jehož povrch je v podstatě po celé délce opatřen jednochodou nebo vícechodou šnekovnicí (22), jejíž obalová křivka je válcová nebo kuželová nebo je tvořena kombinací plynule na sebe navazujících kuželové a válcové plochy, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že šnekovnice (22) je opatřena nerovnoměrným chaoticky se měnícím stoupáním závitů mezi jejími jednotlivými listy (221), kde pro krajní meze měnitelné velikosti vzdálenosti (H) mezi výstupními hranami (2211) listů (221) vzhledem k srovnatelné teoretické hodnotě stoupání (s) pravidelné šnekovnice (22) tvořené stejným počtem závitů na dané délce rotoru (2) platí vztahy

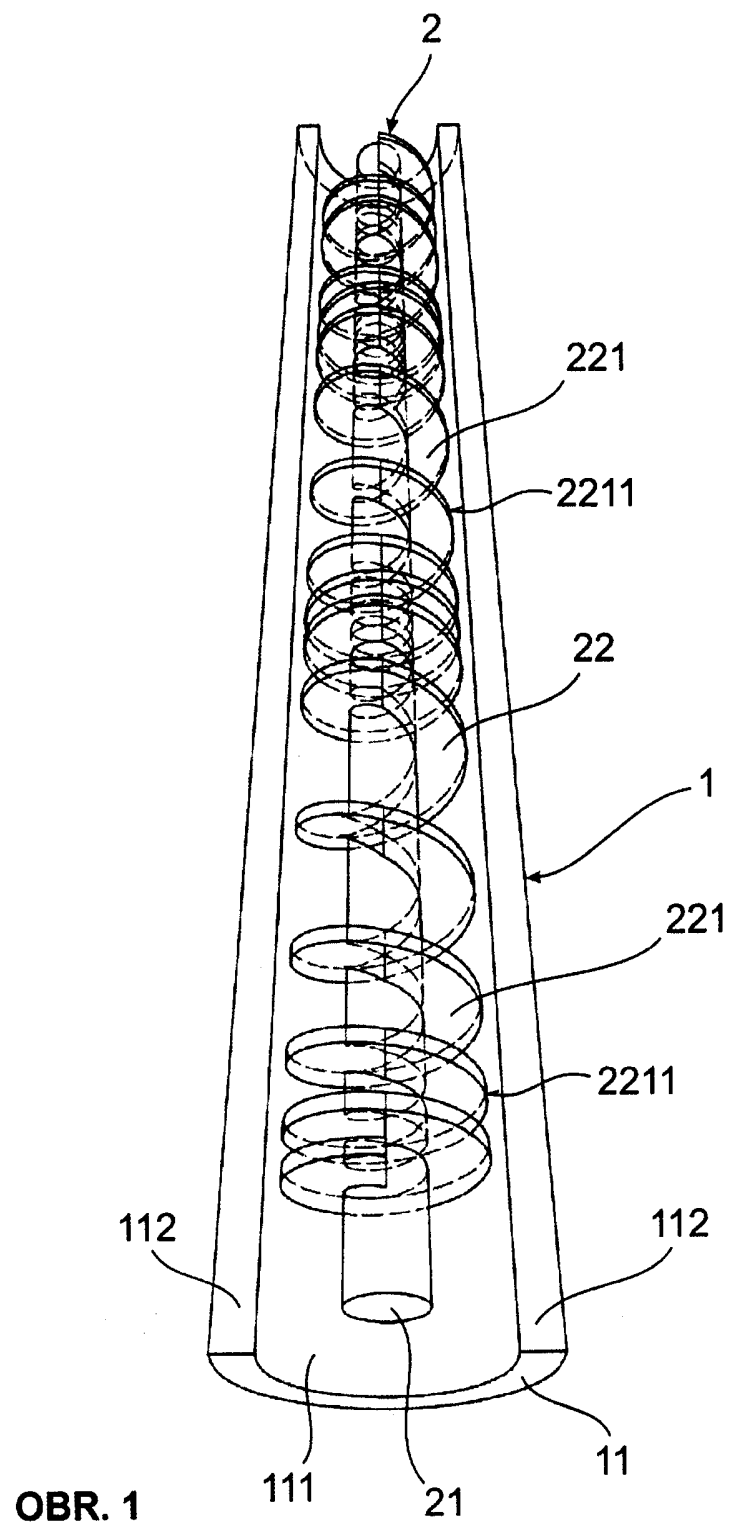
$$H_{\min} = s - 1/3 s \qquad H_{\max} = s + 1/3 s,$$

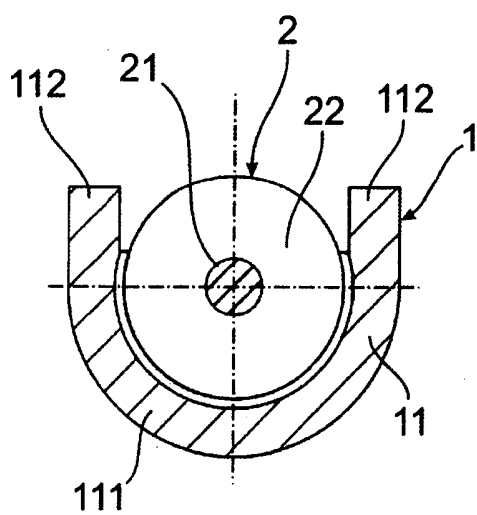
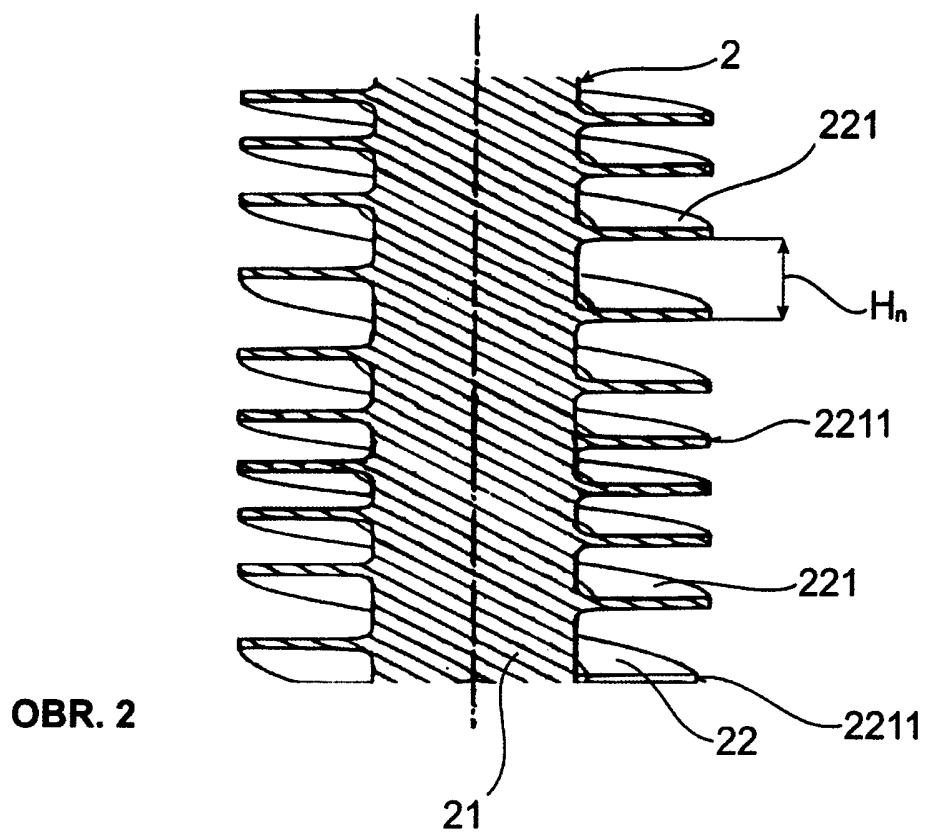
přičemž pro mezní hodnoty volitelného úhlu (β) sklonu šnekovnice (22) vzhledem k srovnatelné teoretické hodnotě ($\beta_{\text{prům}}$) sklonu pravidelné šnekovnice (22) platí vztahy

$$\beta_{\min} = \beta_{\text{prům}} - 1/3 \beta_{\text{prům}} \qquad \beta_{\max} = \beta_{\text{prům}} + 1/3 \beta_{\text{prům}}.$$

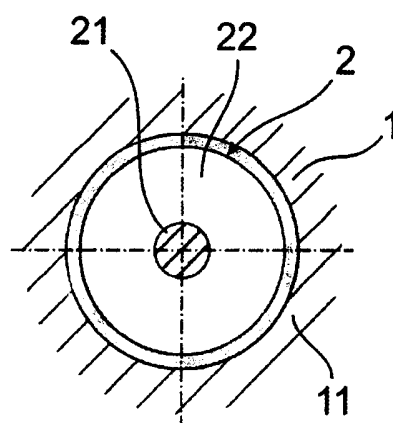
2. Hydraulický stroj podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že listy (221) šnekovnice (22) jsou tvořeny přímkovou plochou nebo zborcenou plochou.

3. Hydraulický stroj podle nároků 1 a 2, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že povrch šnekovnice (22) rotoru (2) nebo povrch vnitřní výstelky tělesa (11) statoru (1) nebo oba tyto povrchy jsou opatřeny hydrofobní vrstvou.

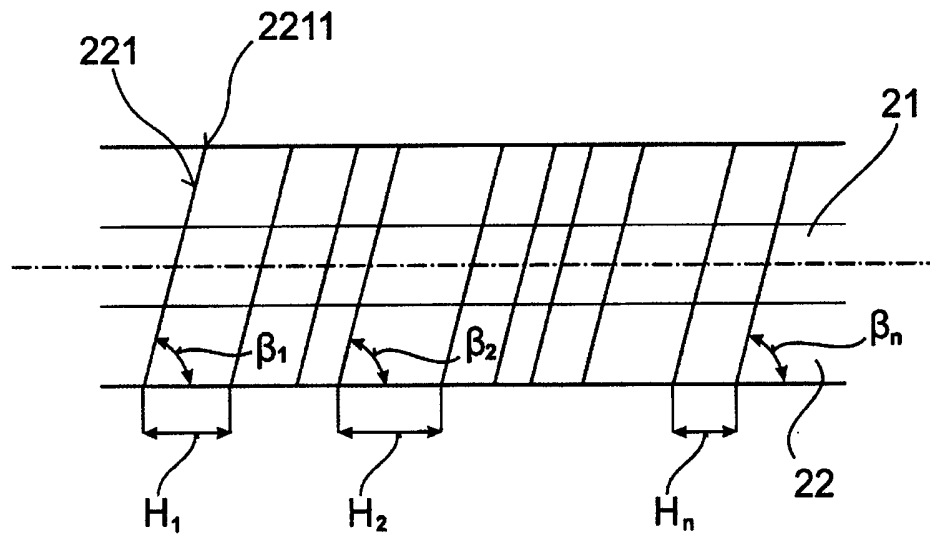




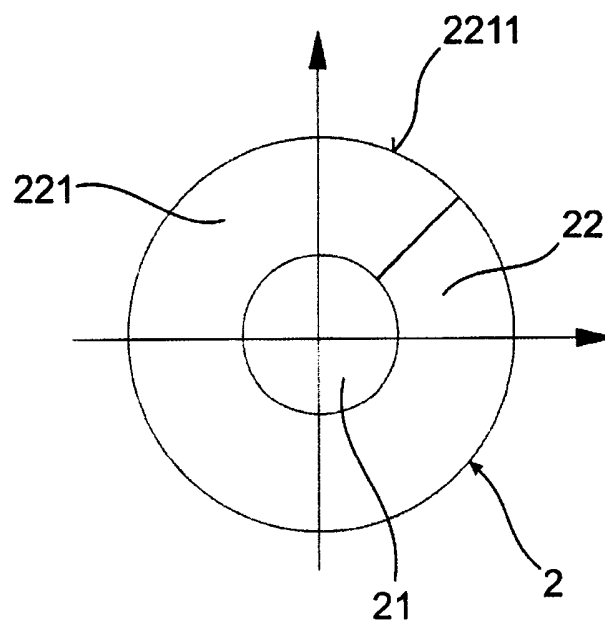
OBR. 3



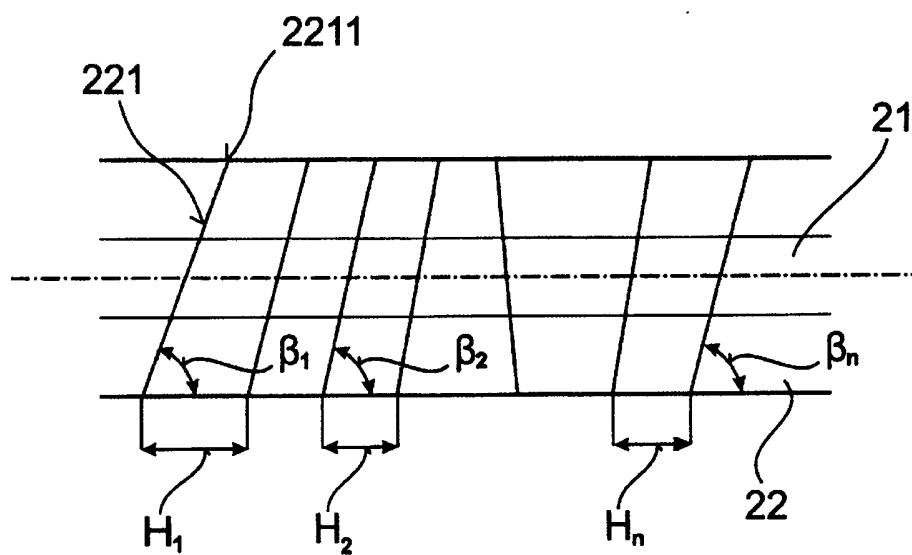
OBR. 4



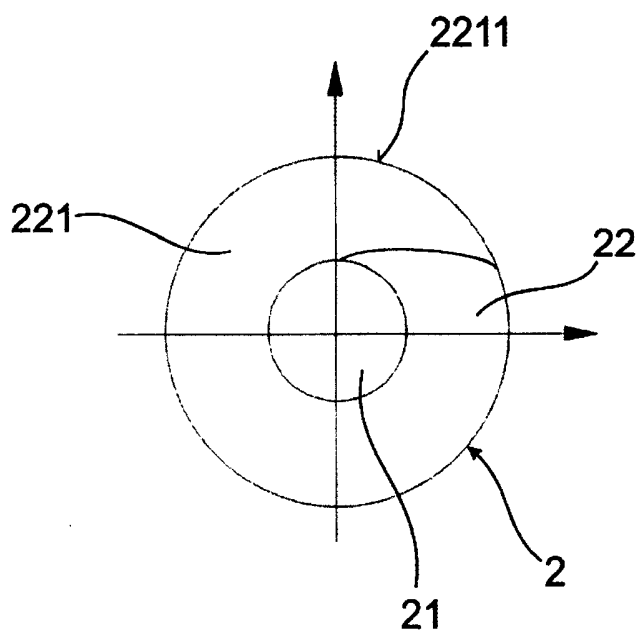
OBR. 5



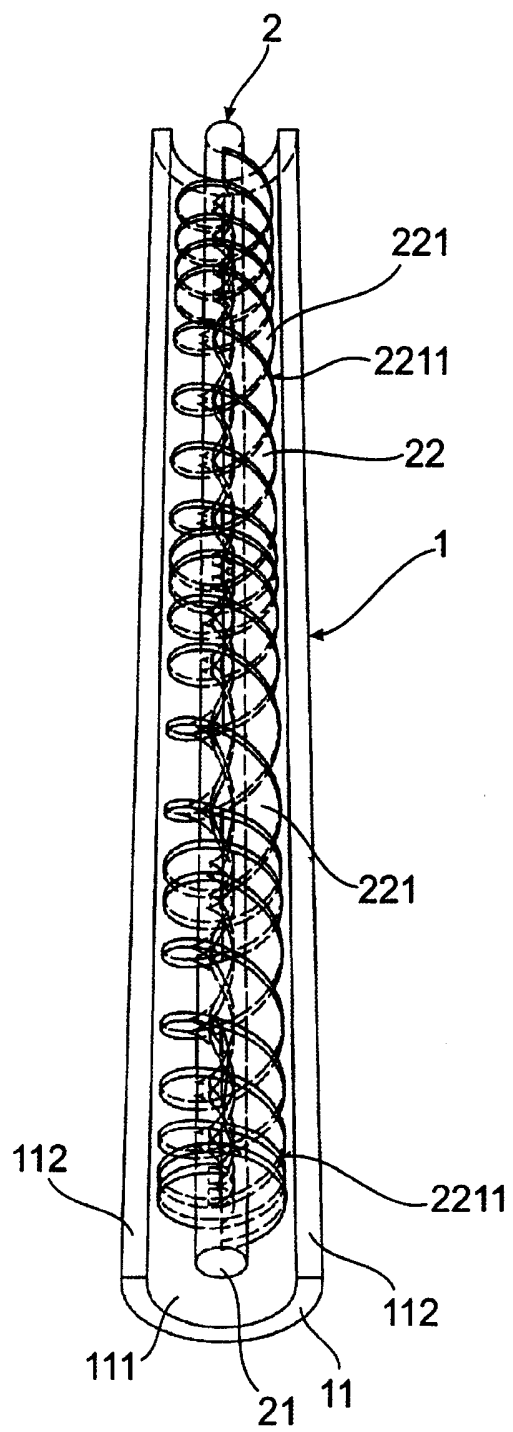
OBR. 6



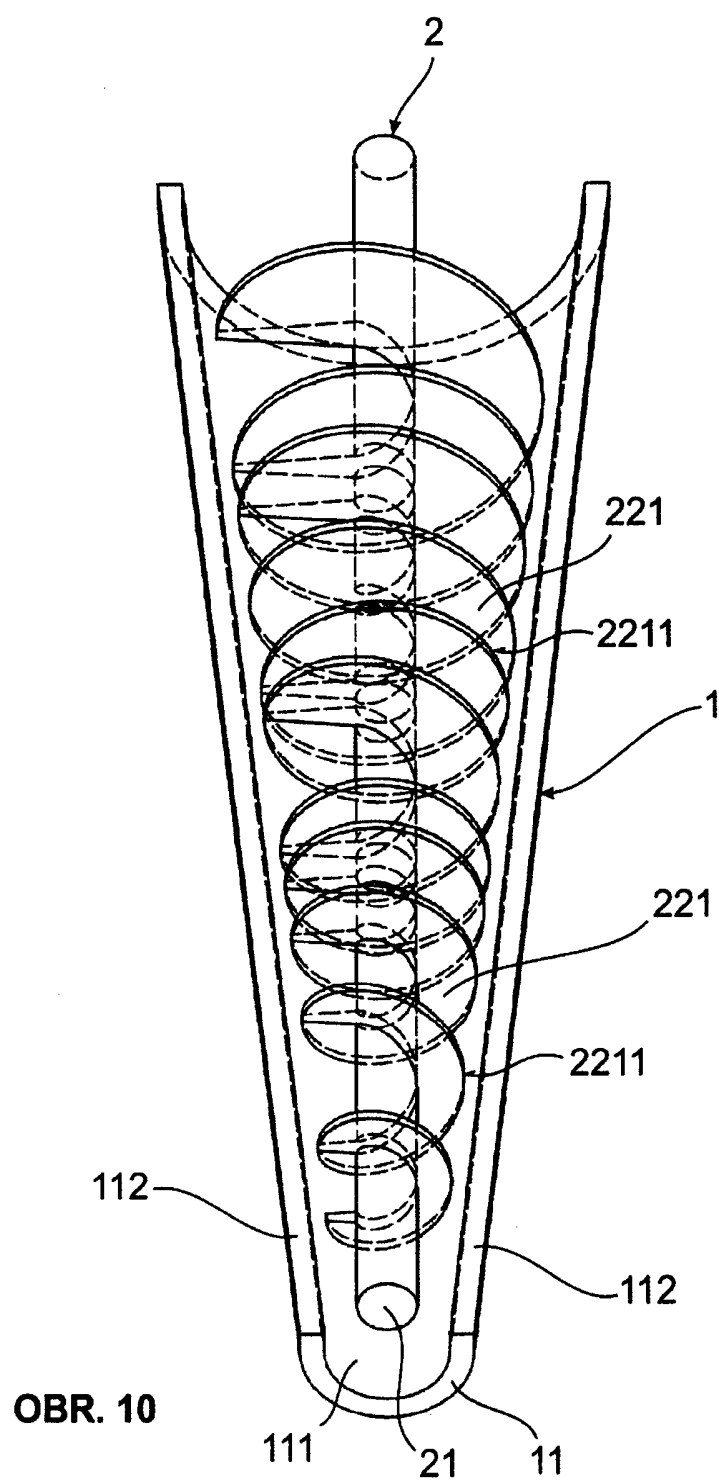
OBR. 7

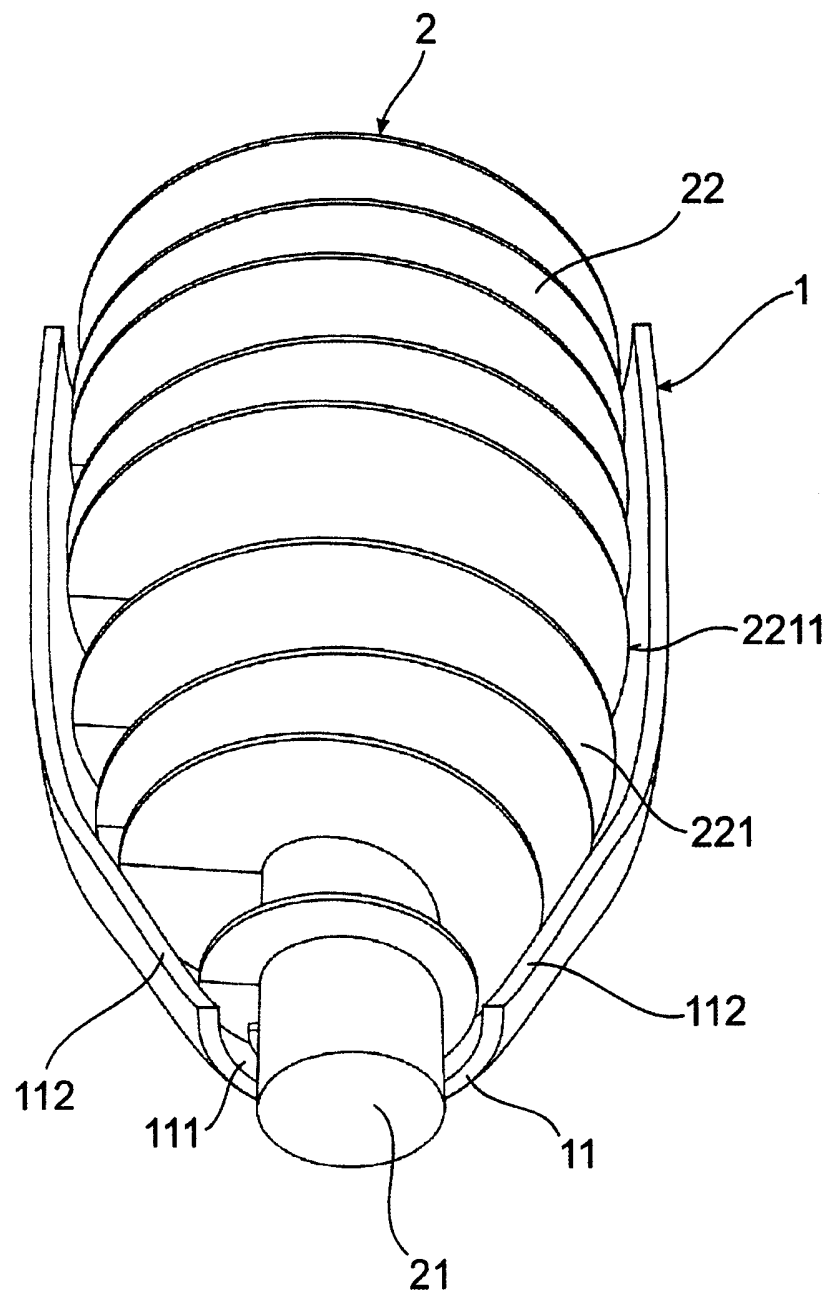


OBR. 8



OBR. 9





OBR. 11