

# UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

# 35 382

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

**F04D 29/54** (2006.01)

**F04D 29/34** (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2021-38895**  
(22) Přihlášeno: **09.06.2021**  
(47) Zapsáno: **07.09.2021**

(73) Majitel:  
SIGMA Výzkumný a vývojový ústav, s.r.o., Lutín,  
CZ  
CENTRUM HYDRAULICKÉHO VÝZKUMU  
spol. s r.o., Lutín, CZ  
Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i., Praha 8, Libeň, CZ

(72) Původce:  
Tomáš Daněk, Skrbeň, CZ  
Milan Sedlář, Tovačov, Tovačov I-Město, CZ  
Jakub Stareček, Slavkov, CZ  
Tomáš Krátký, Olomouc, Nová Ulice, CZ  
Jan Brajer, Hluboš, CZ  
Sanin Zulic, Bělehrad, RS  
Jan Kaufman, Olomouc, Hodolany, CZ  
Marek Böhm, Tatrovice, CZ  
Jan Racek, Svrkyně, CZ

(74) Zástupce:  
Mgr. Zuzana Šimonovská, LL.M., advokátka,  
Jaselská 311/25, 160 00 Praha 6, Dejvice

(54) Název užitného vzoru:  
**Čerpadlo s axiálním rozvaděčem**

## Čerpadlo s axiálním rozvaděčem

### Oblast techniky

5

Technické řešení se týká modelového diagonálního, plně regulačního čerpadla s axiálním rozvaděčem, v kombinaci s pravouhlým sacím kolenem a pravouhlým výtlačným kolenem, na jehož hydraulické povrchy byla aplikována LSP technologie pro zvýšení odolnosti vůči kavitační erozi.

10

### Dosavadní stav techniky

Diagonální a axiální čerpadla spadají svou koncepcí zpravidla do kategorie závlahových, odvodňovacích a chladících čerpadel. Případně najdou využití v úpravách vod, elektrárnách nebo čerpacích stanicích. Nároky kladené na diagonální čerpadla ve zmíněných aplikacích jsou zejména spolehlivost během nepřetržitého provozu. Rovněž je kladen důraz na vysokou kavitační odolnost, vysokou účinnost a nízké provozní náklady. Jedním z nejdůležitějších parametrů je však široká provozní oblast čerpadel. Proto se čerpadla realizují jako plně regulační, kde je regulace zajištěna natočením oběžných lopatek, které jsou pomocí čepu umístěny na kulovém náboji. Celé oběžné kolo je umístěno v kulové vložce, tak aby při plynulém natočení lopatek byla zajištěna vždy minimální spára mezi rotorem a pláštěm čerpadla.

Stávající známá čerpadla a jejich konstrukce nesplňují na ně kladené požadavky a mají s ohledem na svou konstrukci problémy s odolností a účinností.

Cílem technického řešení je navrhnout modelové čerpadlo odpovídající parametrům návrhového bodu s vysokou účinností a kavitační odolností. Také bude zohledněno ověření hydraulických parametrů pro různé natočení lopatek. Dlouhodobá odolnost vůči kavitační erozi je přitom obtížně dosažitelná, protože odolnější materiály významně zvyšují cenu čerpadla a náročnost výroby. Jedním ze způsobů, jak zvýšit kavitační odolnost, je aplikace laserového opracování pomocí tzv. LSP technologie na smáčené povrchy, ohrožené kavitační erozí. Nedostatečný vnitřní prostor mezilopátkových kanálů ovšem nedovoluje aplikaci LSP technologie na většinu dostupných čerpadel. Zároveň nebyla LSP technologie dosud aplikována na hydraulické povrchy čerpadel.

35

### Podstata technického řešení

Uvedené nedostatky odstraňuje čerpadlo s axiálním rozvaděčem podle tohoto technického řešení, jehož podstata spočívá v tom, že sestává ze sacího kolene, na které navazuje oběžné kolo umístěné v kulové vložce, kdy za oběžným kolem pokračuje rozvaděč a následně výtlačné koleno. Ve výtlačném kolenu je umístěn ložiskový uzel, s axiálně i radiálně uloženou hřídelí. Mezi sacím kolenem a kulovou vložkou je umístěn kuželový přechod s válcovými průzory. Oběžné kolo se skládá z náboje a lopatek. Čep lopatky je v náboji oběžného kola upevněn KM maticí s MB podložkou a v náboji je uložen aretační kolík.

Výše uvedené nároky kladené na diagonální a axiální čerpadla byly splněny pomocí progresivního hydraulického řešení oběžného kola a rozvaděče, za využití analytického návrhu a numerického modelování proudění (CFD), včetně aplikace vícefázové analýzy proudění. Výsledné čerpadlo dosahuje hodnoty specifických otáček  $ns = 600 \text{ min}^{-1}$ . Tato hodnota reflektuje i výsledný tvar meridiálního řezu oběžného kola, kde konkrétní hodnota vede spíše k axiálním profilům.

I přes poměrně vysokou hodnotu specifických otáček, jež zpravidla vedou k použití řidších lopátkových kanálů, je vysoká kavitační odolnost zajištěna pomocí vyššího počtu lopatek oběžného kola. Díky tomuto řešení je možné signifikantně ovlivnit průběh statického tlaku po délce lopatek,

55

který přímo souvisí se vznikem negativních kavitačních projevů. Vysoká kavitační odolnost byla také zajištěna použitím nesymetrických hydraulických profilů řady NACA 65, jež výrazně snižují díky své charakteristické geometrii, kavitační projevy.

- 5 Vysoká hydraulická účinnost, široký provozní rozsah a celkové splnění podmínky návrhového bodu, pro referenční natočení je zajištěno díky důsledné a rozsáhlé tvarové optimalizaci hydraulických tvarů oběžného kola a rozváděče. Pro dosažení špičkových parametrů čerpadla bylo přistoupeno i k optimalizaci náboje čerpadla včetně výstupního kolene a prostorem za rozváděčem. Tento kompaktní celek tvoří zařízení s extrémními parametry, které splňuje ty nejnáročnější požadavky technického provozu.

10 Se zajištěním vysoké hydraulické účinnosti a provozní spolehlivosti rovněž souvisí i finální uložení rotoru s oběžným kolem a zajištění minimální spáry mezi rotorem a pláštěm čerpadla v kulové vložce.

- 15 Pro dosažení špičkových parametrů je zpravidla přistupováno k pokročilému technologickému zpracování pracovních částí čerpadla a závěrečné povrchové úpravě smáčených povrchů. Mezi tyto technologie patří zejména CNC obrábění s následnou povrchovou úpravou pomocí laseru.

20

#### Objasnění výkresů

- 25 Technické řešení bude blíže osvětleno pomocí výkresu na kterém obr. 1 představuje sestavení modelového čerpadla s regulačním oběžným kolem a obr. 2 představuje detailní pohled na oběžné kolo.

#### Příklady uskutečnění technického řešení

- 30 Čerpadlo s axiálním rozváděčem podle obr. 1 sestává ze sacího kolene 1, na které navazuje oběžné kolo 2 umístěného v kulové vložce 3. Za oběžným kolem 2 pokračuje rozváděč 4 a následně výtlačné koleno 5. Ve výtlačném kolenu 5 je umístěn ložiskový uzel, s axiálně i radiálně uloženou hřídelí 6. Mezi sacím kolenem a kulovou vložkou je umístěn kuželový přechod 7 s válcovými průzory. Oběžné kolo 2 podle obr. 2 se skládá z náboje 8 a lopatek 9. Čep lopatky 9 je v náboji 8 oběžného kola 2 upevněn KM maticí s MB podložkou 10, v náboji 8 je uložen speciální aretační kolík 11.

- 40 Technické řešení modelového čerpadla bude přiblíženo pomocí obrázků, kde obr. 1 představuje sestavení modelového čerpadla regulačním oběžným kolem 2. Voda do čerpadla vstupuje sacím kolenem 1, následně protéká oběžným kolem 2 umístěným v kulové vložce 3 do rozváděče 4 a opouští čerpadlo výtlačným kolenem 5. Součástí výtlačného kolene 5 je ložiskový uzel, ve kterém je axiálně i radiálně uložena hřídel 6. Druhé radiální uložení hřídele 6 je v kluzném pouzdře, které je součástí rozváděče 4. Mechanická ucpávka zajišťující těsnost pracovní části čerpadla je taktéž součástí výtlačného kolene 5. Na jednom konci hřídele 6 je osazeno oběžné kolo 2, na opačném konci pak spojka, která přenáší krouticí moment od pohonu, v tomto případě třífázového asynchronního elektromotoru. Mezi sacím kolenem 1 a kulovou vložkou 3 je umístěn kuželový přechod 7, jehož součástí jsou válcové průzory, které slouží k pozorování zárodků kavitace na vstupních hranách lopatek 9 oběžného kola 2 v průběhu měření sací schopnosti čerpadla na hydraulické zkušební. Jednotlivé dílce vnějšího pláště modelového čerpadla jsou vzájemně spojeny pomocí šroubových spojů a utěsněny O-kroužky.

- 55 Obr. 2 představuje detailní pohled na oběžné kolo 2, skládající se z náboje 8 a lopatek 9. Natáčení lopatek 9 je realizováno pomocí válcového čepu lopatky 9 uloženého v otvoru náboje 8, přičemž styčná plocha lopatky 9 a náboje 8 oběžného kole je kulová. Taktéž vnější plocha lopatky 9, která je ekvidistantní s vnitřní plochou kulové vložky, je tvořena částí koule. Čep lopatky 9 je v náboji 8

oběžného kola 2 upevněn KM maticí s MB podložkou 10, přičemž správná hodnota natočení je zajištěna speciálním aretačním kolíkem 11. Ten je v lopatce 9 uložen ve válcovém otvoru, zatímco v náboji 8 je uložen v drážce podobné hřídelové drážce pro pero. Tím je zajištěna smontovatelnost celku za současného dodržení velmi malých tolerancí tohoto uložení.

5

Při dokončování výroby modelového čerpadla byla využita ověřená LSP technologie, která byla aplikována na předem definované oblasti s předpokládaným zvýšeným zatížením kavitační erozí.

LSP technologie může být aplikována na lopatky 9 těsně před jejich montáží nebo na lopatky 9, které jsou po operaci frézování, ale ještě před operací dokončování finálního tvaru, konkrétně pak hrany největšího průměru lopatky 9. Toto obrábění by již nemělo mít za následek vnesení zbytkových napětí do míst největšího zatížení kavitační erozí.

Lopatky 9 musí být ovlivňovány separátně a nelze provádět dokončovací operace již na sestaveném kole. Pro tento proces ovlivnění byly použity parametry zpracování zjištěné při ověřování technologie. Technologie dokončování použita pro ovlivnění povrchu byla použita dle vyvinutého postupu. Pro ovlivnění byla použita ablační vrstva vinylové pásky s krycí vrstvou vody. Laserové pulzy byly kladeny vedle sebe v oblastech předpokládaného zatížení, tudíž na náběžné hraně, na hraně největšího průměru a na odtokové hraně v dostatečné šířce. Zpracování bylo provedeno ve dvou sekvencích s překrytím 50 % oproti původní sekvenci. Použitý laser má rovnoměrné prostorové rozložení energie, kterým je zaručeno i rovnoměrné zpracování napříč každým jednotlivým vtiskem od laserového pulzu. Pro zpracování byla použita kombinace parametrů laserů, kterými bylo dosaženo tlaku na povrchu materiálu až 5 GPa. Zpracování bylo provedeno v automatickém režimu za pomoci robotického ramena a upínacího přípravku, který zajišťoval jednotnou konkrétní polohu pro všechny zpracovávané dílce.

Pro vytvoření technického řešení podle tohoto užitého vzoru bylo zapotřebí vyrobit a následně ovlivnit stejnými parametry 6 kusů lopatek 9. U jednotlivých lopatek 9 bylo změřeno povrchové zbytkové napětí, aby byla ověřena míra ovlivnění a opakovatelnost procesu. Tyto lopatky 9 byly následně smontovány s nábojem rotačního kola v jeden celek. Sestavené čerpadlo bylo následně podrobeno kavitačně-erozním testům.

### Průmyslová využitelnost

35

Čerpadlo s axiálním rozvaděčem, podle tohoto technického řešení lze zejména využít pro dlouhodobé čerpání čisté pitné, užitkové a chladicí vody bez abrazivních látek do teploty 20 °C, v řadě technických a průmyslových aplikací. Aplikace LSP technologie na erozně namáhané hydraulické povrchy dále zvyšuje užžitnou hodnotu čerpadla.

40

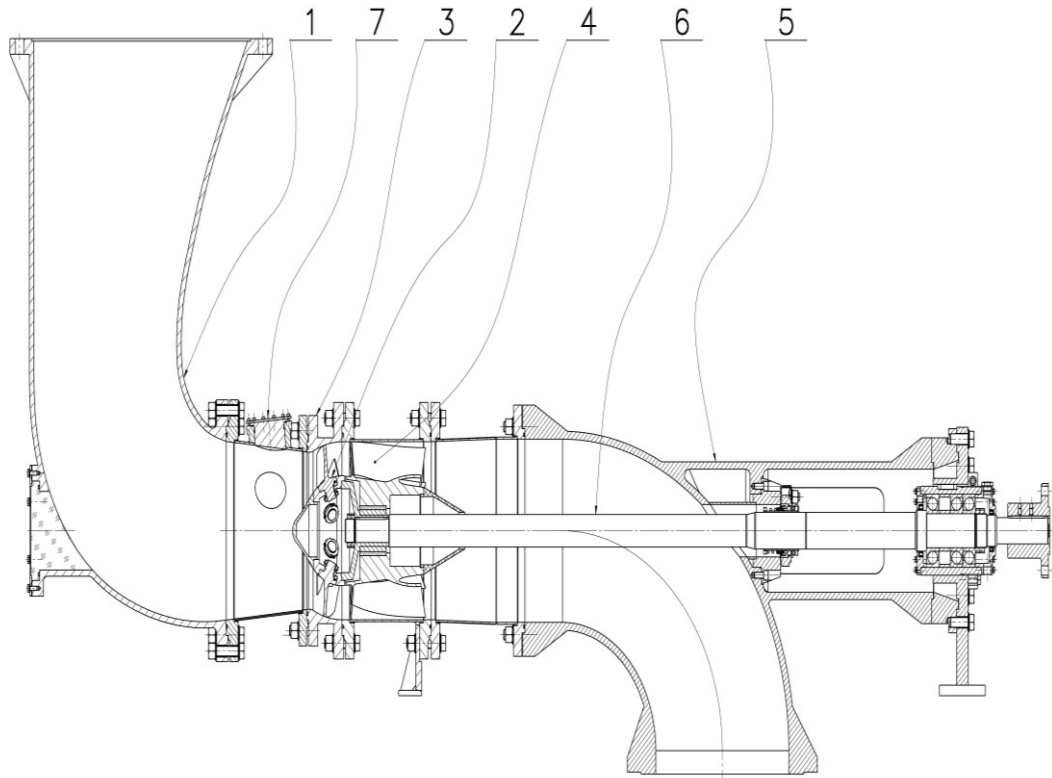
## NÁROKY NA OCHRANU

1. Čerpadlo s axiálním rozvaděčem, **vyznačující se tím**, že sestává ze sacího kolene (1), na které  
5 navazuje oběžné kolo (2) umístěné v kulové vložce (3), kdy za oběžným kolem (2) pokračuje  
rozvaděč (4) a následně výtlačné koleno (5), přičemž ve výtlačném kolenu (5) je umístěn ložiskový  
uzel, s axiálně i radiálně uloženou hřídelí (6), přičemž mezi sacím kolenem (1) a kulovou  
vložkou (3) je umístěn kuželový přechod (7) s válcovými průzory, kdy oběžné kolo (2) se skládá  
z náboje (8) a vyjímatelných lopatek (9) s aplikovanou LSP technologií, přičemž čep lopatky (9)  
10 je v náboji (8) oběžného kola (2) upevněn KM maticí s MB podložkou (10) a v náboji (8) je uložen  
aretační kolík (11).

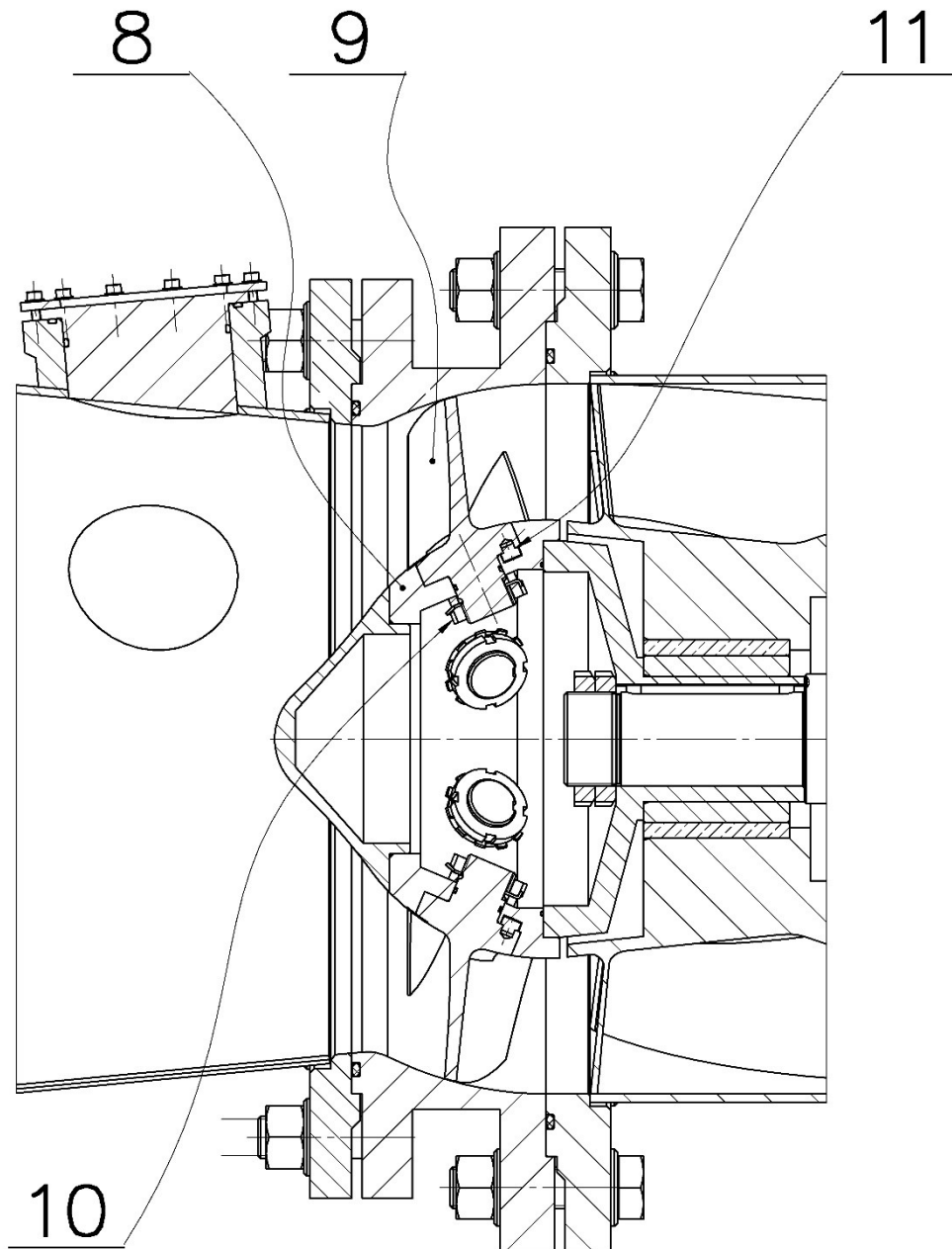
2 výkresy

Seznam vztahových značek:

- |    |                  |
|----|------------------|
| 1  | sací koleno      |
| 2  | oběžné kolo      |
| 3  | kulová vložka    |
| 4  | rozvaděč         |
| 5  | výtlačné koleno  |
| 6  | hřídel           |
| 7  | kuželový přechod |
| 8  | náboj            |
| 9  | lopatka          |
| 10 | MB podložka      |
| 11 | aretační kolík.  |



Obr. 1



Obr. 2