



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU 216 073

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 02 04 81
(21) PV 2457-81

(11) (B 1)

(51) Int. Cl. F 04 D 29/28

(40) Zveřejněno 10 09 81
(45) Vydáno 15 05 1984

(75) KLAUS LUBOR ing.,
Autor vynálezu KUČERA JOSEF,
VELFL OTO,
JETEL VÁCLAV ing., PRAHA

(54) Oběžné kolo radiálního lopatkového stroje, zejména turbokompresoru

Oběžné kolo radiálního lopatkového stroje, zejména turbokompresoru, které se skládá z nosného a krycího kotouče a mezi nimi uspořádaných oběžných lopatek, které jsou s oběma kotouči pevně spojeny. Nejmeně jeden z kotoučů, zpravidla nosný kotouč je s lopatkami spojen svařem. Tloušťka kotouče se z nejmenšího rozměru S_2 , který je u vnějšího průměru D_2 kotouče směrem k ose rotace plynule zvětšuje až na rozměr S_1 , který je na vnitřním průměru D_1 lopatkování podle vztahu:

$$S_1 \geq S_2 \frac{D_2}{D_1} \left(1 - \frac{Z_2 t_2}{D_2 \sin \alpha_2} + \frac{Z_1 t_1}{D_1 \sin \alpha_1} \right)$$

Využití vynálezu je možno využít pro radiální turbokompresory velkých výkonů.

Vynález se týká oběžného kola radiálního lopatkového stroje, zejména turbokompresoru, u něhož je pevné spojení oběžných lopatek s nosným, případně krycím kotoučem provedeno svarem.

Oběžná kola radiálních lopatkových strojů mají nejrozličnější konstrukční provedení. U dosud známých provedení jsou podle druhu použití a podle volby technologie oběžného kola vyrobená vcelku z jednoho kusu nebo složená z jednotlivých komponentů vzájemně spojených pomocí nýtů, pájením nebo svařením. Svařené oběžné kolo má některé výhody proti jiným typům kol, má však také řadu nevýhod. Dnešní oběžná kola svařovaného provedení mají spojovací svar umístěn uvnitř kanálů oběžného kola. Svařování uvnitř kanálu je značně obtížnou a složitou operací, a to jak z hlediska dodržení potřebné kvality svaru, tak i z hlediska kontroly. Toto provedení rovněž nelze použít pro kola s malou šířkou kanálu. Rovněž u "T" spojů, vařených přes průchozí drážky upravené v krycí desce, pokud stojiny, v tomto případě oběžné lopatky, jsou umístěny symetricky podle osy rotace, se často vyskytují závažné vady v přechodové, tepelně ovlivněné zóně svaru, které značně snižují vlastnosti materiálu.

U běžného provedení "T" svaru vedeného přes průchozí drážku se často vyskytují trhliny v přechodové tepelně ovlivněné zóně svaru, které značně snižují využitelné dynamické vlastnosti kola. Tyto trhliny vznikají při chladnutí základního materiálu svaru v intervalu teplot 300 až 150 °C rychlostí vyšší, než je rychlost kritická. Rychlost chladnutí je mimo běžné technologické podmínky jako je příkon tepelné energie elektrického oblouku, teplotu předehřevu, typ oceli i svařovacího drátu a dalších technických prvků, dána ještě tepelnou kapacitou svařovacího segmentu. Tato kapacita je určena rozměry a složitostí součástí, silou desky a stojiny. Rychlost chladnutí vlivem různých rozměrů na obvodě i ve středu desky je tedy podél celého svaru lopatky rozdílná a zvětšuje se směrem ke středu disku. Stoupající gradient ochlazovací rychlosti překročí potom převážně v místech bližších ke středu disku kritickou rychlost chladnutí, což vede ke vzniku trhlin za studena v oblasti svaru. Tepelný cyklus svařování vytváří v každém místě kola stacionární tepelný stav určený nejvyšší dosaženou teplotou. Rychlost ochlazování je rozhodujícím činitelem tvorby a struktury v přechodovém pásmu svaru dané oceli. Oblasti základního kovu, které jsou vyhřáté nad teplotu A_{C3} , tj. na austenitickou strukturu, se později při chladnutí transformují na nestabilní produkty, především zákalného charakteru, na strukturu typu martenzit nebo dolní bainit. Za spolupůsobení difúzního vodíku a stavu takové napjatosti vznikají v nejbližším okolí svaru trhliny, které pronikají do základního materiálu disku. Pro tyto pochody je rozhodující oblast teplot 300 - 150 °C. Udržením vhodného tepelného gradientu podél celého svaru lopatky s diskem kola se zmenšuje rozsah strukturních přeměn a posunují se směrem k rovnovážným strukturám, snižuje také lokalizovaná místní pnutí vzniklá těmito přeměnami.

Uvedené nevýhody odstraňuje provedení podle vynálezu, jímž je:

Oběžné kolo, které má nosný i krycí kotouč pevně spojen s oběžnými lopatkami, přičemž k jednomu z kotoučů jsou lopatky uchyceny svarem. Pro vytvoření tohoto spojovacího svaru jsou na příslušném kotouči vyfrézovány průchozí drážky v místech, odpovídajících umístění

čelních návarových ploch na lopatkách a jehož podstatou je, že tloušťka stěny kotouče, ke kterému jsou oběžné lopatky uchyceny svařem, se z nejmenšího svého rozměru, který má na vnějším průměru lopatek, nebo blízko tohoto průměru, směrem k jeho středu postupně plynule zvětšuje tak, že na vnitřním průměru lopatkování je jeho rozměr určen výrazem:

$$S_1 \geq S_2 \frac{D_2}{D_1} \left(1 - \frac{Z_2 t_2}{\pi D_2 \sin \alpha_2} + \frac{Z_1 t_1}{\pi D_1 \sin \alpha_1} \right)$$

ve kterém: S_1 a S_2 značí tloušťku kotouče, Z_1 a Z_2 počet oběžných lopatek, t_1 a t_2 tloušťku lopatek, α_1 a α_2 úhel oběžných lopatek, tj. úhel mezi tečnou k lopatce a kolmicí k radiálu, přičemž index 1 se vztahuje na vnitřní průměr lopatkování D_1 a index 2 na vnější průměr lopatkování D_2 .

Plynulý nárůst tloušťky kotouče podle uvedeného vztahu zajišťuje, že směrem ke středu kotouče se nezmenšuje hmota kotouče, připadající na každý svar, ale že zůstává konstantní, nebo že se dokonce zvětšuje. Samotná problematika spoje je velmi složitá s ohledem na několik faktorů, které zde působí.

Při vhodném poměru hmoty disku kola a vzdálenosti mezi lopatkami, tj. mezi sousedními svary, dochází ke vzájemnému působení tepelných příkonů obou svarů, k ovlivnění tepelných gradientů tepelně ovlivněné zóny svaru, a tím ke snížení ochlazovacích rychlostí v kritických oblastech teplot. Tímto lze zabránit výskytu struktur, které dávají popud k tvorbě nehomogenit, jako jsou trhliny za studena. Homogenní svarové spoje umožňují vyšší využitelnost dynamických vlastností svařeného kola.

Dalšího zdokonalení je možno dosáhnout tím, že členy plochy oběžných lopatek a vnitřní stěny kotouče mezi vnitřním průměrem lopatkování a vnějším průměrem jsou kolmé na osu rotace kola. Toto provedení zajišťuje minimální deformace kotouče při svařování a navíc je nejjednodušší také s ohledem na mechanické opracování před svařováním.

Zvýšení dynamických vlastností oběžného kola se dále pak dosáhne tím, že oběžné lopatky jsou zakřiveny pod úhlem menším než 90° v rozsahu nejméně devadesáti procent mezikruží mezi vnitřním průměrem lopatkování a vnějším průměrem lopatkování. Tímto způsobem je zajištěno, že pnutí vznikající při svařování se eliminují tím, že konstrukce svařence umožní jeho určitou deformaci. Stejnému účelu slouží konečně i poslední zdokonalení provedení podle vynálezu, které spočívá v tom, že stěny lopatek jsou k vnitřním stěnám obou kotoučů skloněny pod úhlem v rozmezí od 50° do 88° , a to nejméně v rámci mezikruží vymezeného vnějším průměrem oběžného kola a průměrem odpovídajícím devadesáti procentům vnějšího průměru.

Provedení podle vynálezu lze použít pro oběžná kola s nejrůznější geometrií průtočné části a přičemž svar je možno umístit na kterýkoliv z obou kotoučů. Ani šířka oběžného kola, ani počet a tvar oběžných lopatek není limitujícím faktorem.

Příklad provedení podle vynálezu je znázorněn na výkresu, kde na obr. 1 je znázorněno oběžné kolo v podélném řezu, na obr. 2 jednak v pohledu na nosný kotouč, jednak v příčném řezu vedeném oběžnými lopatkami, na obr. 3 je znázorněn příčný řez kolem s lopatkami, které jsou v části své délky skloněny k vnitřní stěně obou kotoučů. Příčný řez kanálem u těchto lopatek je znázorněn na obr. 4. Na obr. 5 je pak znázorněn příklad kola se zesíle-

nými stěnami kotoučů na vnějším průměru.

Oběžné kolo se skládá z nosného kotouče 1, z krycího kotouče 2 a z oběžných lopatek 3. V naznačeném příkladu je spojovací svar 5 proveden v průchozí drážce 4, která je vyfrézována v nosném kotouči 1. Tloušťka s nosného kotouče 1 se plynule zvětšuje z nejmenší hodnoty S_2 na vnějším průměru D_2 lopatkování na hodnotu S_1 na vnitřním průměru D_1 lopatkování. Jsou-li okraje kotoučů 1 opatřeny zesílením 6 na svém vnějším okraji, viz na obr. 5, uvažuje se jako výchozí hodnota tloušťka kotouče 1 nejmenší tloušťka S_2 kotouče 1 v blízkosti vnějšího průměru D_2 lopatkování. V naznačeném případě je počet Z_1 lopatek 3 na vnitřním průměru D_1 totožný s počtem Z_2 lopatek 3 na vnějším průměru D_2 . V případě, že se použijí mezilopatky, je počet Z_1 a Z_2 lopatek rozdílný. Oběžné lopatky 3 mohou mít obecně proměnnou tloušťku t ; v naznačeném příkladu je jejich tloušťka t_1 na průměru D_1 stejná jako tloušťka t_2 na průměru D_2 .

Z aerodynamických důvodů se postupně, plynule mění úhel α lopatky 3, tj. úhel mezi tečnou T k lopatce 3 a kolmicí K k radiále R a to z hodnoty α_1 na vnějším průměru D_1 lopatkování na hodnotu α_2 na vnějším průměru D_2 . Na obr. 2 je znázorněn příklad, kdy se tento úhel α z hodnoty menší než 90° na průměru D_1 postupně zvětšuje tak, že na průměru D_3 dosahuje jeho velikost hodnoty 90° a v mezikruží mezi průměry D_3 a D_2 se již nemění. Z obr. 2 je zřejmé, že čelní plocha 7 lopatek 3 je kolmá na osu rotace 2 kola, stejně jako vnitřní povrch 8 nosného kotouče 1 v rozmezí mezikruží D_1 až D_2 .

Lopatky 3, které nejsou kolmé k vnitřnímu povrchu nosného kotouče 1 a krycího 2 kotouče, ale svírají s nimi úhel ν , jsou naznačeny na obr. 3 a obr. 4, přitom na obr. 3 je nakresleno provedení u kterého v rozmezí mezikruží D_1 až D_4 jsou lopatky 3 kolmé k vnitřnímu povrchu 8 kotouče 1 v rozmezí mezikruží D_4 až D_2 k povrchu kotouče 1 kolmé nejsou.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

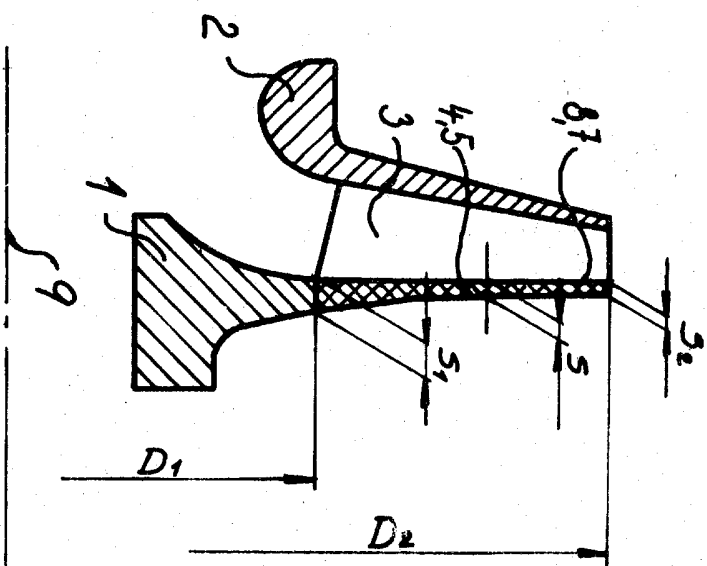
1. Oběžné kolo radiálního lopatkového stroje, zejména turbokompresoru, skládající se z nosného a krycího kotouče a mezi nimi uspořádaných oběžných lopatek, které jsou s oběma kotouči pevně spojeny, přičemž nejméně jeden z kotoučů, zpravidla nosný kotouč je s lopatkami spojen spojovacími svary v průchozích drážkách kotouče, vyznačující se tím, že tloušťka (S) kotouče (1) se z nejmenšího rozměru (S_2), který je u vnějšího průměru (D_2) kotouče (1) směrem k ose (9) rotace plynule zvětšuje až na rozměr (S_1), který je na vnitřním průměru (D_1) lopatkování, podle vztahu

$$S_1 = S_2 \frac{D_2}{D_1} \left(1 - \frac{Z_2 t_2}{\pi D_2 \sin \alpha_2} + \frac{Z_1 t_1}{\pi D_1 \sin \alpha_1} \right),$$

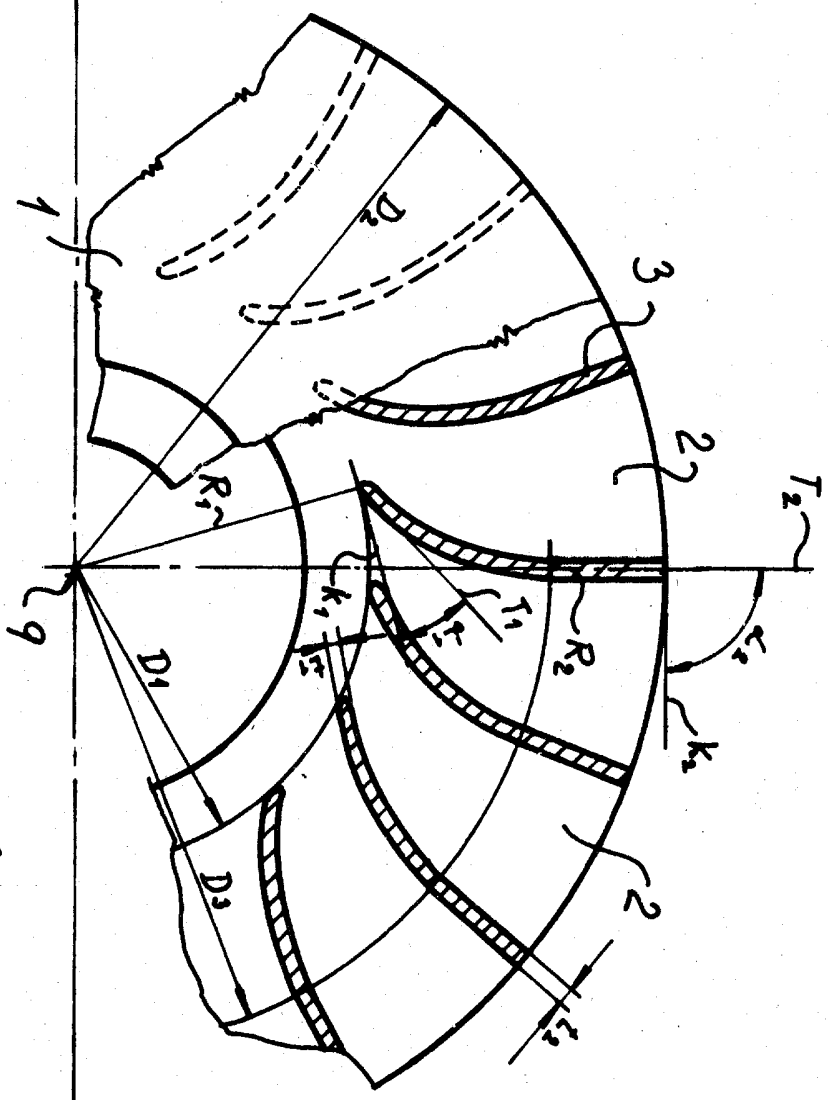
- ve kterém značí Z_1 a Z_2 počet oběžných lopatek, t_1 a t_2 tloušťka oběžných lopatek, α_1 a α_2 úhel oběžných lopatek, přičemž indexu 1 jsou označeny hodnoty na vnitřním průměru D_1 a indexem 2 na vnějším průměru D_2 .
2. Oběžné kolo radiálního lopatkového stroje podle bodu 1, vyznačující se tím, že čelní plochy (7) oběžných lopatek (3) a vnitřní stěna (8) kotouče (1) mezi vnitřním průměrem (D_1) lopatkování a vnějším průměrem (D_2) kotouče (1) jsou kolmé na osu (9) rotace stroje.

3. Oběžné kolo radiálního lopatkového stroje podle bodu 1 a 2, vyznačující se tím, že ve směru osy (9) rotace nejméně v devadesáti procentech rozsahu mezikruží mezi vnitřním průměrem (D_1) lopatkování a vnějším průměrem (D_2) kotouče jsou lopatky (3) zakřiveny pod úhlem (α) menším než 90° svíraným tečnou (T) k lopatce (3) s radiálou (R).
4. Oběžné kolo radiálního lopatkového stroje podle bodu 1 až 3, vyznačující se tím, že stěny lopatek (3) jsou k vnitřním stěnám (8) obou kotoučů (1, 2) skloněny pod úhlem (γ), v rozmezí 50° až 88° , a to nejméně v rámci mezikruží vymezeného vnějším průměrem (D_2) a průměrem (D_4) odpovídajícím devadesáti procentům vnějšího průměru (D_2).

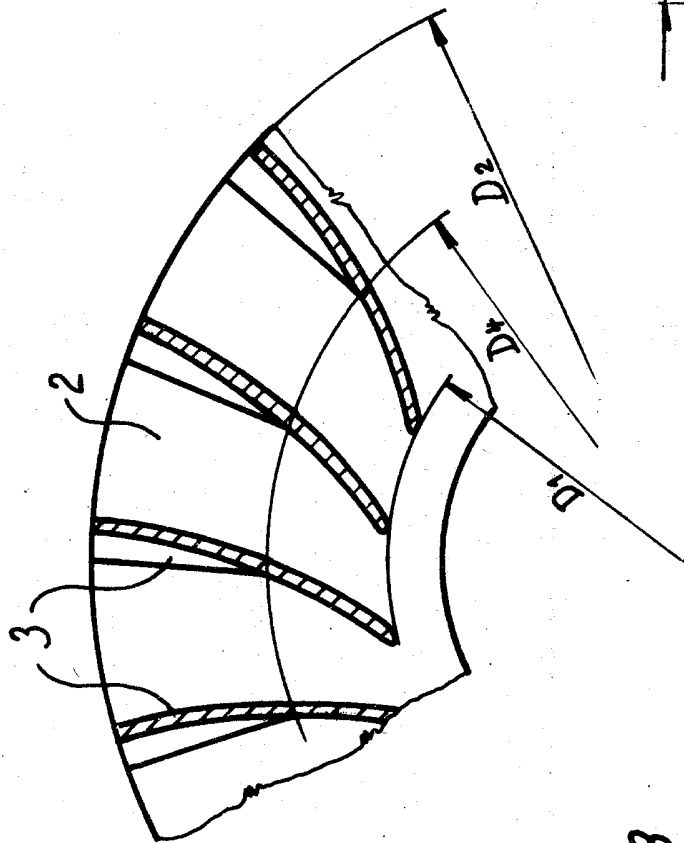
2 výkresy



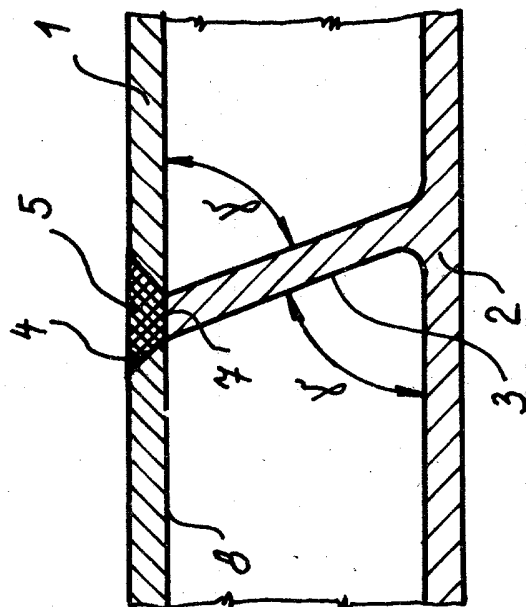
Obor. 1



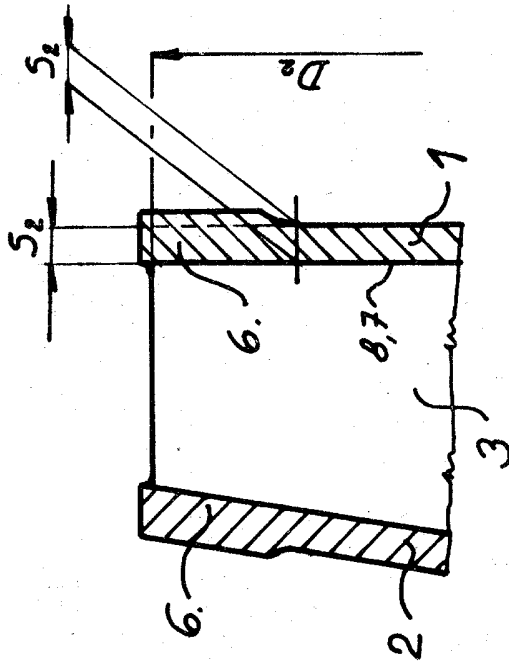
Obor. 2



Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5