



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

213 012

(11) (B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 11 07 80
(21) PV 5530-80

(51) Int. Cl.³

F 04 D 25/16

(40) Zveřejněno 31 08 81

(45) Vydáno 01 01 84

(75)
Autor vynálezu PETROVSKÝ IVAN ing.CSc., NEPEJCHAL JAN ing., SVOBODA VLASTIMIL ing.CSc.,
VONDRUŠKA MILOSLAV ing., PRAHA

(54) Jednotělesový axiální turbokompresor s mezichlazením

1

Vynález se týká jednotělesového axiálního turbokompresoru s mezichlazením. Jde o stroj stavebnicového uspořádání s odlévanou skříní rozdělenou v dělicí rovině a používající klasické koncepce ložiskových stojanů. Je určen pro velká nasávaná množství vzdušiny v rozsahu 80 000 až 550 000 m³/h při zajištění maximální izotermické účinnosti a dosažení nízké až střední teploty stlačené vzdušiny ve výtlaku při hodnotách stlačení 4,5 až 7,5. Je-li z technologických důvodů žádoucí zajištění vyšší teploty stlačovaného média, lze využitím stavebnicové koncepce dosáhnout hodnot stlačení až 9 při vysoké izotermické účinnosti.

Současné požadavky provozu, zejména chemického průmyslu, metalurgie, vyžadují vyrábět turbokompresory, které jsou schopné dodávat velká objemová množství vzduchu při poměrně vysokém celkovém stlačení. Jde řádově o objemové množství 100 000 až 500 000 m³/h a stlačení ve velmi širokém rozmezí 5 až 10, případně i více. Uvedené požadavky jsou zajišťovány různými koncepcemi turbokompresorů. Převážně jsou dosud tyto požadavky řešeny výrobou dvoutělesových turbokompresorů, propojených převodovkou, které jsou schopny zabezpečit požadované výkony. Stále důrazněji však vystupují do popředí požadavky na co nejvyšší izotermickou, tj. energetickou účinnost, což plně odpovídá současným snahám po úspoře energií všeho druhu. Dále je to požadavek dostatečné variability nasávaného množství a celkového stlačení. Jde tedy o dosažení dobré regulovatelnosti stroje v širokém rozmezí provozních parametrů při současném optimálním přizpůsobení turbokompresoru charakteru technologického procesu.

Zároveň jsou však požadovány malé rozměry strojů, pokud možno jednotělesového uspořádání, čímž se vyloučí nutnost užití meztělesové převodovky a možnost pohonu parní turbinou i elektromotorem podle potřeby zákazníka. Uvedeným požadavkům se snaží vyhovět špičkoví světoví výrobci velkých turbokompresorů v poslední době tím, že spojují vstupní axiální sekci s následujícími 2 až 3 sekcemi radiálními, které jsou obvykle tvořeny vždy jedním radiálním stupněm. Jsou známy také turbokompresory, kde první dvě sekce tvoří axiální kompresory s koncovými radiálními stupni, třetí sekce je tvořena jedním radiálním stupněm, uloženým letmo na prodlouženém hřídeli stroje v samostatném odděleném tělese. Uvedené konstrukce představují v oboru srovnatelných turbokompresorů vysoce pokroková řešení, která se přibližují svými parametry náročným, výše citovaným požadavkům. Podrobnou studií uvedených uspořádání se však ukázalo, že ani tato řešení nejsou optimální a to jak z hlediska dosažitelné účinnosti, tak z hlediska dosažení maximální jednoduchosti provedení. Rozbor možných koncepcí turbokompresorů, vycházejících z jedné axiální a několika radiálních sekcí ukázal, že reálně dosažitelné hodnoty izometrické účinnosti kombinovaného axiálně-radiálního turbokompresoru jsou nepříznivě ovlivněny nižší adiabatickou účinností radiálních stupňů. To je patrné i z Linnekenovy práce, věnované výpočtu optimálního stlačení jednotlivých sekcí turbokompresoru s mezichlazením.

Z provedeného rozboru potom vyplývá, že pro velká objemová množství vzdušiny a hodnoty stlačení v rozsahu 4,5 až 7,5 je proti všem známým provedením turbokompresorů nejefektivnější koncepce podle vynálezu.

Podstatou řešení je, že v jednotělesové skříní jsou na společném hřídeli zapojeny v sérii s výtlačnými hrdly k sobě uloženy pravotočivá axiální nízkotlaká sekce a levotočivá (v opačném smyslu se otáčející) axiální vysokotlaká sekce, obe s natáčivými statorovými lopatkami za provozu. (Volba smyslu otáčení je dána dostupnými typizovanými prvky.) Výtlačné hrdlo nízkotlaké sekce, umístěné na jejím vnitřním konci, je propojeno přes mezichladič sacím potrubím se sacím hrdlem vysokotlaké sekce, umístěným na její vnější straně.

Turbokompresor je s výhodou řešen stavebnicově tak, že nízkotlaká sekce zůstává v každém provedení stejná, zatímco vysokotlaká sekce je alternativně tvořena v pěti, sedmi, devíti, případně až v jedenáctistupňovém provedení.

Koncepce a konstrukční provedení turbokompresoru podle vynálezu má řadu výhod, a to jak ve srovnání s dvoutělesovými koncepcemi turbokompresorů, tak s koncepcemi jednotělesových, kombinovaných axiálně-radiálních turbokompresorů. Oproti dvoutělesovým řešením jsou výhody zcela zásadní. Dochází k úspoře 30 až 40 % vysoce kvalitních materiálů, výrazné úspoře pracnosti, odpadá převodovka mezi tělesy, která při přenosu vysokých příkonů nad 20 MW představuje podstatnou část hodnoty soustrojí. Dvou- až třináásobná úspore zastavěné plochy má pro zákazníka mnohdy rozhodující vliv, v každém případě je však přínosem z hlediska snížení investičních nákladů při výstavbě stroje. Provoz jednotělesového stroje bude podstatně jednodušší i z hlediska nároků na funkci kontrolně-regulační techniky, jakož i samotné montáže, obsluhy a údržby stroje. Sníží se i počet náhradních dílů, což se opět projeví poklesem celkových výrobních nákladů. Řešení podle vynálezu má však řadu výhod i ve srovnání s vyráběnými jednotělesovými turbokompresory kombinovaného, axiálně-radiálního provedení. Proti existujícím

konstrukčně nejvyzrálejší řešení tohoto druhu má řešení podle vynálezu pro srovnatelné adiabatické účinnosti a procentně stejné ztráty v mezichladičích při stlačení v rozsahu 4,5 až 7,5 izotermickou účinností vyšší o cca 1 až 2,5 % podle velikosti stlačení.

Z vlastního konstrukčního provedení vyplývají tyto další výhody. Kromě vlastní úspory jednoho mezichladiče se sníží i spotřeba chladicí vody a energie při mezichlazení. Celý stroj je jednodušší, ale i rozměrově a hmotnostně menší. Koncepčním uspořádáním sání z obou konců propojených sekcí turbokompresoru vzniknou některé funkční výhody řešení, které se projeví ve zvýšení životnosti stroje nebo jeho důležitých částí. Vysoká životnost ložisek je dosažena díky nízkým osovým silám a z toho vyplývajícímu snížení namáhání i nízkou teplotou obou ložisek. Výhodný profil hřídele z hlediska pevnosti a dynamiky i vysoká tuhost celého rotoru umožňuje zajistit nízkou hladinu dynamických namáhání. Je rovněž třeba zdůraznit příznivé tepelné namáhání skříně i rotoru stroje. Stavebnicové uspořádání stroje, vysoká unifikace i typizace dílců umožňují jednak široký rozsah ekonomického použití i v okrajových oblastech mimo nejvýhodnější pásmo stlačení $\xi = 4,5 + 7,5$, jakož i vysoce ekonomickou výrobu. Pokud proto určité technologie, např. dmychání vzduchu do vysokých pecí je žádoucí vysoká teplota stlačeného vzduchu a současně i relativně vysoká stlačení 6+7 i více, je možné s výhodou použít právě řešení turbokompresoru podle vynálezu, které pracuje i v tomto případě s vysokou účinností i při vysokém stlačení.

Na obrázku je schematicky znázorněn nárysý pohled na jednotělesový axiální turbokompresor s mezichlazením podle vynálezu.

Turbokompresor sestává z čistě axiální nízkotlaké sekce 1 a čistě axiální vysokotlaké sekce 2, uložené na společném hřídeli 3 v jediné skříní 4. Sekce 1, 2 jsou sesazeny výtlačnými hrdly 5, 6 k sobě a vzájemně sériově propojeny přes mezichladič 7, umístěný v podsklepení pod turbokompresorem. Sací potrubí 8, 2 obou sekcí 1, 2 jsou umístěny na protilehlých stranách turbokompresoru. Společný hřídel 3 je uložen v ložiskách předního a zadního ložiskového stojanu 10, 11. Statorové lopatky (nezalresleny) jsou jak v nízkotlaké sekci 1, tak i ve vysokotlaké sekci 2 regulovatelné za provozu. Náhon turbokompresoru je proveden přes zubovou spojku 12 ze strany nízkotlaké sekce 1.

Sací potrubí 8 nízkotlaké sekce 1 saje vzdušinu a výtlačným hrdlem 5 ji vytlačuje přes mezichladič 7 do sacího potrubí 2 vysokotlaké sekce 2, z níž vystupuje výtlačným hrdlem 6 vysokotlaké sekce 2 do výtlačného potrubí. Směr "s" proudění vzdušiny je znázorněn na výkrese.

P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

1. Jednotělesový axiální turbokompresor s mezichlazením stavebnicového uspořádání, s odlévenou skříní rozdělenou v dělicí rovině a používající klasické koncepce ložiskových stojanů, určený zejména pro velká nasávaná množství vzdušiny v rozmezí 80 000 až 550 000 m³/h a oblast stlačení 4,5 až 7,5 při maximální izotermické účinnosti a dosažení nízké nebo střední teploty stlačené vzdušiny na výtlačku, případně i vyššího stlačení při požadavku vysoké teploty stlačené vzdušiny, vyznačující se tím, že v jednotělesové skříní (4) jsou na společném hřídeli (3) zapojeny v sérii a výtlačnými hrdly (5, 6) k sobě uloženy pravotočivá axiální nízkotlaká sekce (1) a levotočivá axiální vysokotlaká sekce (2), obě s regulovatelnými statorovými

213 012

lepatkami za provozu, přičemž výtlačné hrdlo (6) nízkotlakové sekce (1), umístěné na jejím vnitřním kenci je propojeno přes mezichladič (7) sacím potrubím (8) se sacím hrdlem vysokotlakové sekce (2), umístěným na její vnitřní straně.

2. Jednotělesový axiální turbokompresor s mezichlazením podle bodu 1, vyznačující se tím, že stavebnicové uspořádání je řešeno tak, že nízkotlaková sekce (1) zůstává v každém provedení stejná, zatímco vysokotlaková sekce (2) je tvořena alternativně v pěti, sedmi, devíti, případně až v jedenáctistupňovém provedení.

1 výkres

