



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

213 013

(11) (B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 11 08 80
(21) PV 5531-80

(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.,
FLEISCHMANN JAROSLAV ing., PRAHA

(54) Jednotělesový kombinovaný axiálně-radiální turbokompresor s mezichlazením

1

Vynález se týká jednotělesového kombinovaného axiálně-radiálního turbokompresoru s mezichlazením stavebnicového uspořádání s náhonem zubovou spojku. Jednoduché horizontálně dělená skříň je litá, s klasickou koncepcí ložiskových stojanů. Turbokompresor je určen pro nasávaná množství vzdušiny v rozsahu 80 000 až 550 000 m³/h a vysoká stlačení, jmenovitě pro stlačení 7 až 10 při zajištění maximální izotermické účinnosti. Uspořádání umožňuje (v základní verzi) zajistit nízkou teplotu vzdušiny ve výtlaku, což klade nízké nároky na dochlazování. Stavebnicové uspořádání stroje umožňuje potom rozšířit oblast stlačení do hodnot $\epsilon > 10$, stejně jako vyhovět i technologickým požadavkům vysokých teplot na výtlaku, při udržení vysoké izotermické účinnosti.

Koncepce stávajících řešení turbokompresorů, které mají dosáhnout vysokých základních parametrů a to jak ve velikosti nasávaného množství řádově do 500 000 m³/h a vysokého stlačení $\epsilon > 7$ je velmi náročná. Tato náročnost je dále zvyšována takovými požadavky, jako např. nutnosti dosažení vysoké izotermické účinnosti, dobré regulovatelnosti v širokém rozsahu, jednoduchosti a spolehlivosti konstrukčního řešení apod. Současně vyráběné typy turbokompresorů vycházejí nejčastěji z koncepce kombinovaného turbokompresoru, který je tvořen jednou axiální a dvěma radiálními sekcemi při použití dvou mezichladičů. Podrobným rozбором a výpočtem lze dokázat, že tato koncepce nemá z hlediska izotermické účinnosti nikde své optimum. Při vyšších stlačeních (nad 7) se ukazují být výhodnější řešení s větším počtem

sekcí a při nižších stlačeních je výhodnější použití např. dvojitého axiálního turbokompresoru s jediným mezichladičem, který je navíc konstrukčně i výrobně daleko jednodušší.

Optimálním řešením je turbokompresor se dvěma axiálními a dvěma radiálními sekcemi podle vynálezu, který z hlediska izotermické účinnosti pro stejné adiabatické účinnosti sekcí je oproti stávajícím řešením (se třemi sekcemi) minimálně o 1 až 2 % výhodnější v závislosti na velikosti stlačení. Teoreticky ještě vyšší izotermické účinnosti o 0,5 % by dosáhl turbokompresor se třemi radiálními sekcemi (celkem tedy s pěti sekcemi). Toto zvýšení účinnosti je však již nepatrné a neodpovídá zvětšené délce stroje, zvětšené zastavěné ploše a z toho vyplývajícímu zhoršení ekonomičnosti celé konstrukce. Podstata vlastní konstrukce turbokompresoru podle vynálezu spočívá v tom, že v jediné skříni jsou na jednom společném hřídeli uloženy ze strany náhonu postupně za sebou čtyři sekce a to dvě čistě axiální sekce bez koncevých radiálních stupňů se sáním na vzájemně protilehlých koncích obou sekcí, vybavené natáčením statterových lopatek za provozu, na něž navazují dvě radiální sekce, jejichž sací hrdla jsou vzhledem k odvětvajícím výtlačným hrdlům umístěna v kratší vzdálenosti k bližšímu, t.j. zadnímu ložisku. Prvá radiální sekce, uložená na společném hřídeli za sacím hrdlem druhé axiální sekce je současně poslední sekcí turbokompresoru. V pracovním okruhu základního provedení jsou zařazeny alespoň mezi dvěma dvojicemi funkčně sousedících sekcí mezichladiče. Podstatou stavebnicového uspořádání je, že typizované axiální i radiální prvky jsou vytvořeny jednak měnitelným počtem stupňů středotlaké axiální sekce a jednak tím, že radiální sekce mají radiální kola stejného typu s bezlopatkovými difuzery a jsou stejného průměru pouze s měnitelnou šířkou.

Koncepce kombinovaného axiálně-radiálního turbokompresoru, vytvořeného ze dvou axiálních a dvou radiálních sekcí podle vynálezu představuje z hlediska dosažitelné spojkové izotermické účinnosti optimum a to v oblasti stlačení 7 až 10.

Vhodné stavebnicové uspořádání umožňuje v případě potřeby zvýšit stlačení až na hodnoty $\xi = 12 + 13$. Konstrukčním řešením je dosaženo nízkých osových sil a sníženého namáhání ložisek. Životnost ložisek je tím značně prodloužena, čemuž navíc pomáhá i jejich nízká provozní teplota. Řešení umožňuje i příznivé tepelné namáhání skříně a rotoru turbokompresoru. Velkou předností konstrukce je, že turbokompresor má vůči srovnatelným výrobkům malé rozměry a tím i mnohdy rozhodující malou potřebu zastavěné plochy. Umožňuje to jednak celková jednotělesová koncepce bez mezitělesové převodovky, ale i použití radiálních kol stejného typu a stejného průměru, který se nepříliš liší od špičkového průměru lopatkování nízkotlaké axiální sekce. Z toho vyplývá i příznivé pevnostní a dynamické namáhání radiálních kol. Ze souhrnu použitých konstrukčních prvků je proti známým srovnatelným strojům další předností vysoká úspora materiálu při výrobě, snížená výrobní pracnost, snadná regulovatelnost, zjednodušená údržba a snížení počtu potřebných náhradních dílů.

Na výkrese je schematicky znázorněn příklad provedení kombinovaného axiálně-radiálního turbokompresoru podle vynálezu v základním provedení (pro dosažení nízké teploty stlačené vzdušiny).

Na výkrese je znázorněn nárysny pohled na turbokompresor se spojkou. Turbokompresor sestává z nízkotlaké axiální sekce 1, na níž na společném hřídeli 2 navazují středotlaké

axiální sekce 3, vysekotlaká radiální sekce 4 a druhá (funkčně prvá) radiální sekce 5. Celý rotor je uložen v ložiskách předního a zadního ložiskového stojanu 6, 7 jednotělesové skříně 8. Sací hrdlo 9 nízkotlaké axiální sekce 1 a sací hrdlo 10 středotlaké axiální sekce 3 jsou na vzájemně protilehlých koncích obou axiálních sekcí 1, 3, které jsou vybaveny natáčecím zařízením (nezakresleno) statorových lopatek za provozu. Sací hrdlo 11 první radiální sekce 4 a sací hrdlo 12 druhé radiální sekce 5 jsou umístěny vzhledem k sobě odpovídajícímu výtlačnému hrdlu 13 první radiální sekce 4 a výtlačnému hrdlu 14 druhé radiální sekce 5 v kratší vzdálenosti k bližšímu, tj. zadnímu ložisku 15. Výtlačné hrdlo 16 nízkotlaké axiální sekce 1 je propojeno přes první mezichladič 17 se sacím hrdlem 10 středotlaké axiální sekce 3. Výtlačné hrdlo 18 středotlaké axiální sekce 3 je přes druhý mezichladič 19 propojeno se sacím hrdlem 12 druhé radiální sekce 5, jejíž výtlačné hrdlo 14 je přes třetí mezichladič 20 propojeno se sacím hrdlem 11 první radiální sekce 4. Výtlačné hrdlo 13 první radiální sekce 4 je současně posledním vysekotlakým výtlakem turbokompresoru.

V případě požadavku vyšší teploty stlačené vzdušiny ve výtlaku lze kombinovaný turbokompresor, znázorněný schematicky na obr. 1 upravit jednoduše tím, že se vyřadí třetí mezichladič 20. Výtlačné hrdlo 14 druhé radiální sekce 5 je potom propojeno přímo se sacím hrdlem 11 první radiální sekce 4. S výhodou je potom v rámci stavebnicového řešení zvětšena šířka oběžného kola první radiální sekce /nezakresleno/. Náhon turbokompresoru je proveden zubovou spojkou 21, umístěnou na společném hřídeli 2 ze strany sání nízkotlaké axiální sekce 1.

P R Ě D M Ě T V Y N Á L E Z U

1. Jednotělesový kombinovaný axiálně-radiální turbokompresor s mezichlazením stavebnicového uspořádání s náhonem přes zubovou spojku, s litou, horizontálně dělenou skříní, s klasickou koncepcí ložiskových stojanů, určený pro velké nasávané množství vzdušiny v rozmezí 80 000 až 550 000 m³/h v základním provedení s maximální izotermickou účinností pro oblast stlačení 7 až 10 při zajištění nízké teploty vzdušiny na výtlaku, vyznačující se tím, že v jednotělesové skříní (8) jsou na jednom společném hřídeli (2) uloženy ze strany náhonu postupně za sebou čtyři sekce (1,3,4,5) a to dvě čistě axiální sekce (1,3) bez koncevých radiálních stupňů se sáním na vzájemně protilehlých koncích obou axiálních sekcí (1,3) vybavené natáčením statorových lopatek za provozu, na něž navazují dvě radiální sekce (4,5), jejichž sací hrdla (11,12) jsou vzhledem k odpovídajícím výtlačným hrdlům (13,14) umístěna v kratší vzdálenosti k bližšímu, tj. zadnímu ložisku (15), přitom prvá radiální sekce (4), uložená na společném hřídeli (2) za sacím hrdlem (10) středotlaké axiální sekce (3) je současně poslední vysekotlakou sekcí turbokompresoru, přitom alespoň mezi dvěma dvojicemi funkčně sousedících sekcí (1,3,4,5) jsou zařazeny mezichladiče (17,19,20).
2. Jednotělesový kombinovaný axiálně-radiální turbokompresor podle bodů 1 a 2, vyznačující se tím, že typizované axiální a radiální prvky stavebnicového uspořádání jsou vytvořeny jednak měnitelným počtem stupňů středotlaké axiální sekce (3) a jednak tím, že obě radiální sekce (4,5) mají radiální kola stejného typu s bezlopatkovými difuzory a jsou stejného průměru pouze s měnitelnou šířkou.

