



NORGE

[NO]

**STYRET
FOR DET INDUSTRIELLE
RETTSVERN**

[B] (11) UTLEGNINGSSKRIFT Nr. 149010

**[C] (45) PATENT MEDDELT
25. JAN. 1984**

(51) Int. Cl.³ F 04 D 29/34

(21) Patentsøknad nr. 752644

(22) Inngitt 28.07.75

(24) Løpedag 28.07.75

(41) Alment tilgjengelig fra 30.01.76

(44) Søknaden utlagt, utlegningsskrift utgitt 17.10.83

(30) Prioritet begjært 29.07.74, USA, nr. 492574

(54) Oppfinnelsens benevnelse Kompressor.

(71)(73) Søker/Patenthaver UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION,
1 Financial Plaza,
Hartford, CT 06101,
USA.

(72) Oppfinner RICHMOND GEORGE SHUTTLEWORTH,
Vernon, CT,
DONALD LEO WILLIAMS,
Manchester, CT,
USA.

(74) Fullmektig A/S Bergen Patentkontor, Bergen.

(56) Anførte publikasjoner Fransk (FR) patent nr. 1252179
USA (US) patent nr. 2948506, 3326523

Den foreliggende oppfinnelse vedrører en kompressor, særlig for en gassturbin, omfattende et hus med enkel vegg, et antall ledeskovlenheter som med bolter er festet i et omkretsspor i innersiden av husveggen, hvor hver ledeskovlenhet omfatter en bueformet holder som spenner over en del av husets omkrets, hvor minst én ledeskovl blir båret av den bueformete holder og rager radiallyt innad fra denne mot den bueformete dels krumningssenter.

Gassturbinmotorer er utformet og konstruert slik at det oppnås fyllestgjørende konstruksjonsmessig integritet for de enkelte komponenter mens akseptabelt nivå for aerodynamiske egenskaper bibeholdes. I kompressorseksjonen er rotorenheten omgitt av en stator. Kompressorbladene, som løper radiallyt utover på rotoren inn i drivmediets strømningsbane, er innrettet til å samvirke med en tilpasset flate på kompressorstatoren som omslutter bladspissene slik at det dannes en gasstetning mellom rotoren og statoren. Kompressorskovltippene som løper innover radiallyt fra kompressorhuset og inn i drivmediets strømningsbane, er innrettet til å samvirke med tilsvarende flater på rotoren til dannelsen av en gasstetning mellom rotoren og statoren. Kompressorens aerodynamiske egenskaper er sterkt avhengig av klaringen mellom statoren og rotoren ved blad- og skovltippene. Selv en liten reduksjon av klaringene mellom spissene kan bedre kompressorens aerodynamiske egenskaper betydelig.

Jo større strømningsbanediameteren i gassturbinen er, desto vanskeligere blir det å opprettholde akseptabel klaring mellom tippene. Rotorens tetningsflater og buen som omskrives av de roterende bladtipper holdes konsentrisk med rotorens akse innenfor meget snevre toleranser for å opprettholde rotorbalansen. Kompressorstatoren krever konstruksjonsmessig ikke denne presjonsbalansering, og toleranser når det gjelder konsentrisitet for statorens vedkommende er derfor redusert for å minske frem-

stillingskostnadene. Graden av reduksjon av disse toleranser innvirker direkte på konsentrisiteten for blad- og skovlspissene med deres tilhørende tetningsflater.

I ideell tilstand er samtlige av rotorens tetningsflater konsentrisk med deres tilsvarende skovltipper, og statorens samtlige tetningsflater er konsentrisk med deres tilsvarende tipper. Denne konstruksjon muliggjør en minimal klaring mellom de roterende og de stasjonære deler. Når det foreligger eksentrisitet mellom de stasjonære og de roterende deler, må klaringen økes for å hindre skadelig berøring mellom rotoren og statoren når motoren er i bruk.

Ytterligere klaring mellom rotorens og statorens tetningsflater frembringes også for å muliggjøre forvridning av kompressorhuset under forbigående varmekorhold. Et kompressorhus som har en uhomogen masse fordelt om dets omkrets, såsom et hus med en aksial spalte, er utsatt for forvridende termisk utvidelse som følge av konsentrasjon av massen i flensområdene. Når huset utsettes for foranderlige varmeomgivelser utvider de arealer av huset som har lav massekonsentrasjon seg mer enn de arealer som har høy massekonsentrasjon, som følge av den tidsforskjell som er nødvendig for at disse arealer skal oppnå konstante termiske betingelser.

De fleste gassturbiner med aksial strømming er utstyrt med et dobbelt kompressorhus som omfatter et ytre hus for anbringelse av motorens lagre og et indre hus som radialt avgrenser drivmediets strømningsbane og som bærer kompressorledeskovlene som rager fra innerveggen inn i strømningsbanen. Det indre hus omfatter en rekke ringer som er boltet sammen. Hver annen ring bærer rekke av statorledeskovler og er forbundet med hverandre ved hjelp av en mellomliggende ring som er tetningsflaten som ligger overfor den tilsvarende rekke av rotorbladtipper. Sammenføyningsegenskapene til hver ring er utformet i forhold til akselen for hver enkel ring innenfor grensene for konsentrisitetstoleranse. Når tilstøtende ringer sammenføyes, kan konsentrisitetstoleransene akkumuleres slik at eventuelt den skjeve innstilling mellom den første og den siste delen i statorenheten blir for stor. Følgelig økes klaringen mellom rotor og stator for å gi plass til denne eventuelle skjeve innstilling.

Andre gassturbiner, særlig de som anvendes i industrien, er utstyrt med et enkelt kompressorhus som er splittet aksialt

og sammenføyet ved hjelp av langsgående flenser på motstående halvdel av kompressorhuset. Massefordelingen om kompressorhuset er ujevn og bevirker eksentrisk forvridning av kompressorhuset under betingelser med forbigående varme. Komponenter som bæres av områder med høy massekonsentrasjon inntar en radialt innenforliggende stilling i forhold til de komponenter som bæres av et område med lav massekonsentrasjon når husets temperatur øker og inntar en radialt utenforliggende stilling når temperaturen avtar. Det blir sørget for tilstrekkelig klaring mellom blad- og skovltippene og de tilsvarende tetningsflater slik at det hindres skadelig berøring mellom rotoren og statoren i de områder hvor kompressorhuset har større masse.

Et enkelt kompressorhus med jevn massefordeling muliggjør gode aerodynamiske egenskaper, selv om fyllestgjørende mekanisk understøttelse av skovlene i et slikt hus er vanskelig. Ledeskovlene har derfor tendens til å vibrere når motoren er i drift. Skovler som er stivt forbundet med kompressorhuset har begrenset levetid idet de har tendens til å sprekke eller gå i stykker som følge av vibrasjonsspenninger i områder hvor vingen er festet til en bærekonstruksjon. Dessuten krever et envegget hus spalter som skovlene stikkes inn i og anbringes i langs omkretsen.

Områdene ved disse spalter er ofte utsatt for for stor spenningskonsentrasjon i områdene hvor små radier avbryter jevne spenningsmønstre.

Fra US-patentskrift 2.857.093 er det kjent et antall statorskovler som er montert på et bueformet segment og deretter montert i et omkretsspor i et kompressorhus med aksiale spalter. Hver kompressorskovl har en kileformet fot som er stukket gjennom en åpning i det bueformete segment hvor den holdes fast i stilling.

Fra US-patentskrift 2.928.586 er det kjent en stator for en flertrinnskompressor med aksial strømming, utstyrt med et sylindrisk hus hvor det er anordnet avstandsringer mellom rekker av blader. Avstandsringene holdes på plass med bolter som løper gjennom huset slik at de står i inngrep med hver ring. To aksialt tilstøtende avstandsringer danner en T-formet kuleholder som danner inngrep med den tilsvarende formete fot av hver kompressorskovl. I nevnte US-patentskrift er den eventuelle skjeve innstilling, som skyldes konsentrisk oppbygning, større enn i et hus med enkel vegg med skovler som er montert i ett stykke.

Formålet med den foreliggende oppfinnelse er å bedre den konstruksjonsmessige helhet for kompressorhuset og kompressor-skovlene i en gassturbinmotor samtidig som det oppnås gode aerodynamiske egenskaper for kompressoren.

Oppfinnelsen er kjennetegnet ved at ledeskovlene er glidbart festet på den bueformete holder ved hjelp av et bunnstykke med et spor, at det til holderens ende er festet en endeplate, at kompressorhuset er usplittet, samt at det på i og for seg kjent måte er en aksial og radial klaring mellom skovlbunnstykket og kompressorhuset.

Hovedfordeler med den foreliggende oppfinnelse er stator-enhetens evne til å fjerne vibrasjonsenergi uten at statorskovlene sprekker og at kompressorhuset er i stand til å bibeholde jevn blad- og skovltippklaring om rotorens omkrets. En ytterligere fordel ifølge oppfinnelsen er at de høye spenninger er konsentrert til skovlene og utformingen av de bueformete holderanordninger som er deler som er enkle å skifte ut og som er rimelige.

Oppfinnelsen vil bli nærmere forklart i det etterfølgende ved hjelp av foretrukne utførelsesformer under henvisning til de medfølgende tegninger, hvori:

Fig. 1 viser et forenklet oppriss av en gassturbin med aksial strømming.

Fig. 2 viser et forenklet tverrsnitt av en del av kompressoren i gassturbinen ifølge fig. 1.

Fig. 3 viser et snitt av kompressoren i retning 3 som vist i fig. 2.

Fig. 4 viser et snitt langs linjen 4-4 i fig. 3.

Fig. 5 viser et snitt av kompressorskovlfestingen under gasstrykkbelastning.

Fig. 6 viser et snitt av kompressorskovlfestingen under forhold med vibrasjonseksitering hvor vibrasjonsbelastningene er motsatt i forhold til trykkbelastningene og større enn disse.

Fig. 1 viser en gassturbin 10 som er en motor med aksial strømming utstyrt med en flertrinnskompressor 12 som er forbundet med en flertrinnssturbin 14 ved hjelp av et forbrenningskammer 16. Luft komprimeres i kompressoren og blandes med brennstoff og forbrennes i forbrenningskammeret, hvorved det dannes varme gasser som utvides gjennom en rekke dyser i turbinseksjonen. Jo mer luft en motor kan komprimere og bruke, desto

større er kraften eller trykket som kan produseres i motoren.

Et tverrsnitt av en del av flertrinnskompressoren er vist i fig. 2. En rotorenhet 18 omfatter et antall kompressorhjul 20 som er innbyrdes atskilt aksialt med avstandsstykker 22. Hvert kompressorhjul omfatter en plate 24 hvortil det er festet et antall blad representert ved ett blad 26 på hvert hjul. Hvert blad er utstyrt med en plattform 28 ved foten av et vingeparti 30. I et aksialt mellomrom mellom bladplattformene i tilstøtende hjul er det anordnet en indre lufttetning 32. Rotorenheten er radialt omsluttet av en kompressorstator 34 som omfatter et antall ledeskovltrinns 36 som er anbrakt i et omkretsspør 38 i et kompressorhus 40.

Som vist i fig. 3 omfatter hvert trinn et antall ledeskovl-enheter 42 som omfatter én eller flere ledeskovler 44, en bueformet holder 46 og et par endeplater 48. Hver ledeskovlenhet holdes på plass i omkretssporet 38 med én eller flere bolter 50 som løper gjennom huset og står i inngrep med den bueformete holder.

Hver ledeskovl 44 er utstyrt med et vingeparti 52, et bunnstykke 54 med et holdespor 56 og en tipp 58 som vist i fig. 4. Det er sørget for en aksial klaring 60 mellom skovlbunnstykket og kompressorhuset og en radial klaring 62 mellom skovlbunnstykket og den bueformete holder. Som vist i fig. 5 er hver ledeskovl utstyrt med en lagerflate 66 overfor en lagerflate i huset og en skovllagerflate 68 overfor en skovllagerflate 70 i holderen.

Ved monteringen av kompressoren monteres én eller flere skovler 44 glidbart på hver av de bueformete holdere, idet en T-formet holder ifølge den foretrukne utførelsesform danner inngrep med det motsvarende utformete spor i bunnstykket av hver skovl. En endeplate 48 er festet til hver ende av den bueformete holder for å feste ledeskovlene på holderen. Et antall ledeskovl-enheter er boltet i hvert omkretsspør til dannelsen av hvert kompressortrinn 36, idet hver sammensatt ledeskovl løper radialt innover tvers over strømningsbanen for drivmediet. Endeplaten utfører den ytterligere funksjon å hindre omkretsbevegelse av skovlene i sporet når motoren er i bruk.

Antall ledeskovler som er anbrakt i hver ledeskovlenhet varierer alt etter størrelsen og vekten av de enkelte komponenter. Anbringelse av et stort antall ledeskovler i hver ledeskovl-

enhet reduserer antall enheter som er nødvendig for å sette sammen et komplett ledeskovltrinn i kompressorhuset. Ifølge en utførelsesform omfatter ett eneste ledeskovltrinn fem ledeskovlenheter som hver veier ca. 13,6 kg og omfatter fjorten ledeskovler. Det er vanlig å anvende ti ledeskovlenheter.

Antallet ledeskovler på ledeskovlenheten er begrenset av lengden på dens bueformete holder. Den siste bueformete holders lengde må være mindre enn avstanden mellom tippene 58 på ledeskovlene som ledeskovlenheten passerer gjennom når den settes på plass i omkretssporet fra en retning radialt innover. I den ovenfor beskrevne utførelsesform er hver femte ledeskovl kløyvet og omfatter én ledeskovlenhet som har tretten ledeskovler og én ledeskovlenhet med en eneste ledeskovl slik som vist i fig. 3. Ledeskovlenhetene er boltet i omkretssporet med bolter som løper gjennom kompressorhuset og står i inngrep med den bueformete holder for hver ledeskovlenhet. Ledeskovlenheten som omfatter bare én ledeskovl er anbrakt i et omkretsspør på samme måte som ledeskovlenhetene som har flere ledeskovler.

Et viktig trekk er at vibrasjonsenergi i kompressorskovlene dempes når motoren er i bruk. De aksiale klaringer 60 mellom hver ledeskovls bunnstykke og den tilhørende bueformete holder muliggjør begrenset bevegelse av ledeskovlene etter at den bueformete holder for hver ledeskovl er festet til kompressorhuset. I en typisk utførelseform er både den radiale og den aksiale klaring fra 0,025 til 0,330 mm.

Når kompressoren er i bruk er ledeskovlene trykkbelastet og inntar en skråstilling som vist i fig. 5. Ledeskovlene skråner mot forsiden eller lavtrykkssenden av kompressorhuset inntil skovllagerflaten 68 danner anlegg mot holderflaten 70 og skovlflaten 64 samtidig danner anlegg med husets skovllagerflate 66. I vanlige driftsområder for motoren overstiger iboende vibrasjonsbelastninger syklisk de statiske trykkbelastninger på ledeskovlen, noe som bevirker at ledeskovlen vipper fra sin foroverrettede stilling til en bakoverrettet stilling som vist i fig. 6. Skovlens bakoverrettede bevegelse er motsatt trykkbelastningskreftene som demper vingeflatene slik at det spres vibrasjonsenergi fra ledeskovlen. Dessuten opptrer det friksjonsdemping mellom de sidebærende flater av tilstøtende ledeskovler og mellom de bærende flater på hver ledeskovl som er i berøring med holderen eller huset.

Det er vanlig at vibrasjonsenergi fjernes fra kompressor-skovlene i gassturbinmotorer via en stiv forbindelse mellom ledeskovlen og huset. Med en slik konstruksjon forkortes skovlens levetid idet vibrasjonsspenninger konsentreres ved forbindelsen mellom skovlvingen og bunnstykket. De oppsamlete vibrasjonsspenninger ved denne forbindelse bevirker til slutt at skovlen sprekker eller går i stykker. Ledeskovler som er festet ifølge den foreliggende oppfinnelse er ikke stivt forbundet med huset og er ikke utsatt for for store vibrasjonsspenninger.

Kompressorhuset er utstyrt med stort sett U-formete spor som er utformet i den omsluttende innervegg. Fraværet av skovlbelastningsspor bevirker at spenninger fordeles jevnt over husets omkrets slik at husets levetid blir størst mulig. Spenningskonsentrasjoner i statoren opptrer ved de indre hjørner av holderen og bunnstykket. Men holderne og ledeskovlene kan lettvis skiftes ut med minimale kostnader dersom det oppstår sprekker.

Bevegelse av ledeskovlene i forhold til den bueformete holder kan bevirke slitasje langs berøringsflaten. For å hindre for stor slitasje er bæreflatene behandlet med et håldsveisingsmateriale. Konstruksjonen ifølge den foretrukne utførelsesform har en enkel geometri som muliggjør anbringelse av håldsveisingsmateriale på bæreflatene.

Betydelige aerodynamiske forbedringer oppnås med en kompressor som er konstruert ifølge oppfinnelsen. Ifølge en utførelsesform senker en økning av klaringen mellom blad- og ledeskovl-tippene på titusendedeler i hele kompressorens lengde kompressorvirkningsgraden med én prosent. Et vanlig mål ved utformingen er å regulere klaringen mellom tippene til høyst én prosent av spennvidden for vingepartiene, som ifølge en typisk utførelsesform er trettiåtte tusendedeler nominell klaring mellom hver ledeskovl- eller bladtipp og deres tilsvarende tetningsflate ved en diameter på ca. 127 cm.

Regulering av klaringen mellom tippene krever regulering av kompressorhusets forvridning og regulering av hvor konsentriske tilpassete flater er i forhold til en felles akse. Regulering av kompressorhusets forvridning utføres ved å anvende en kompressor uten spalte og med konstant tverrsnittsareal om dens omkrets i enhver aksial stilling. Bruk av et kompressorhus uten spalter bevirker et konstant tverrsnitt ved at massekonsen-

trasjonen for flensene i et kompressorhus med spalter elimineres. De arealer i et hus med spalter, såsom flensarealene, oppviser en enkel grad av termisk reaksjon. En ujevn termisk reaksjon forvrenger tetningsflatene i huset ved tippene fra en sirkulær form og forandrer den radialt innoverrettede stilling av kompressorledeskovler i bruk. I et hus med spalter må klaringen mellom tippene reguleres for å kompensere for området av termisk reaksjon istedenfor én termisk reaksjon som ved den foretrukne utførelsesform.

Et andre hovedproblem når det gjelder å holde minimal klaring mellom tippene er oppbygning av toleranser når det gjelder konsentrisitet mellom motstående kompressordeler. De fleste gass-turbiner som er i bruk i dag benytter statorkonstruksjoner av typen med dobbelt hus hvor det indre hus bærer kompressorledeskovlene og motorens lagre er anbrakt i veggen i det ytre hus. Det indre hus som bærer ledeskovlene omfatter et antall sylindermete ledeskovlbærere som er anbrakt i aksialt tilstøtende stillinger og boltet sammen. Hver sylindrisk bærer er fremstilt med konsentrisitetstoleranser i forhold til dens egen akse. Idet bæresylindrene er boltet sammen øker den eventuelle skjeve innstilling når det gjelder konsentrisitet fra den første bærer til den siste bærer. I huset i kompressoren ifølge den foreliggende oppfinnelse er hvert omkretsspor fremstilt i forhold til samme akse som er kompressorhusets akse. Det er derfor en eneste, jevn konsentrisitetstoleranse på alle aksiåle trinn i kompressoren. Selv om kompressorrotoren er utsatt for samme type av utvikling av toleranse som i det doble kompressorhus er størrelsen på toleranseutviklingen ikke så stor, idet rotorkonsentrisiteter allerede er nøyaktig kontrollert for å opprettholde rotorbalanse.

I tillegg reduserer fravær av det indre hus i kompressoren statorprisen betydelig, i det beskrevne utførelseseksempel med omtrent en tredjedel. Konstruksjonen med ett hus har mindre antall deler, og enheten er derfor mindre kompleks. Konstruksjonen med ett hus er lettere enn konstruksjonen med dobbelt hus og kan massebalanseres for å oppnå bedre klaring mellom bladtippene.

Ved balansering av massen kan kompressorhusets masse i enhver aksial stilling økes slik at den er tilpasset den forutbestemte termiske reaksjon for rotoren på denne aksiåle stilling. Selv om den termiske reaksjon for en kompressor med dobbelt hus

kan kontrolleres tilsvarende, er geometrien mer sammensatt og nøyaktig forvridningsforutsigelse er vanskeligere.

Selv om oppfinnelsen er blitt beskrevet i forbindelse med en foretrukket utførelsesform som er utstyrt med et par endeplater som hver er festet til den ene ende av hver bueformet holder, er en eneste endeplate festet til den ene ende av hver bueformet holder like effektiv når det gjelder å hindre omkretsdreiningen av ledeskovlene om sporet i husets innervegg.

P A T E N T K R A V

1. Kompressor, særlig for en gassturbin, omfattende et hus (40) med enkel vegg, et antall ledeskovlenheter (42) som med bolter (50) er festet i et omkretsspør (38) i innersiden av husveggen, hvor hver ledeskovlenhet omfatter en bueformet holder (46) som spenner over en del av husets omkrets, hvor minst én ledeskovl (44) blir båret av den bueformete holder og rager radialt innad fra denne mot den bueformete dels krumningssenter, k a r a k t e r i s e r t v e d at ledeskovlene (44) er glidbart festet på den bueformete holder ved hjelp av et bunnstykke (54) med et spor (56), at det til holderens ende er festet en endeplate (48), at kompressorhuset er usplittet, samt at det på i og for seg kjent måte er en aksial og radial klaring mellom skovlbunnstykket (54) og kompressorhuset (40).

2. Kompressor i samsvar med krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d

at en andre endeplate (48) er festet til den ende av den bueformete holder (46) som ligger motsatt den første endeplate (48) for å avsperre skovlene på holderen.

3. Kompressor i samsvar med krav 1 eller 2, k a r a k t e r i s e r t v e d

at den aksiale og radiale klaring mellom skovlbunnstykket (54) og kompressorhuset (40) ligger i området fra 0,025 til 0,330 mm.

4. Kompressor i samsvar med krav 3, k a r a k t e r i s e r t v e d

149010

10

at sporet (56) i skovlens bunnstykke (54) har T-formet tverrsnitt.

5. Kompressor i samsvar med krav 4, k a r a k t e r i -
s e r t v e d

at kompressorhuset (40) har et stort sett konstant tverrsnittsareal regnet i omkretsen i enhver aksial posisjon i husets lengderetning.

6. Kompressor i samsvar med krav 5, k a r a k t e r i -
s e r t v e d

at antallet skovlenheter (42) som inngår i et enkelt kompressortrinn, er på mellom fem og ti.

7. Kompressor i samsvar med krav 6, k a r a k t e r i -
s e r t v e d

at i det minste én skovlenhet (42) omfatter bare én skovl (44).

149010

Fig. 1

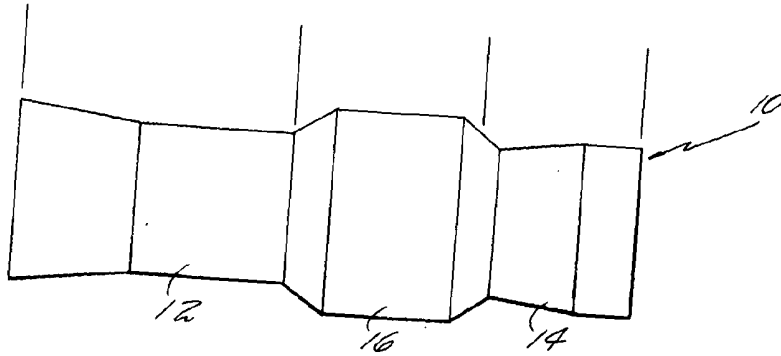
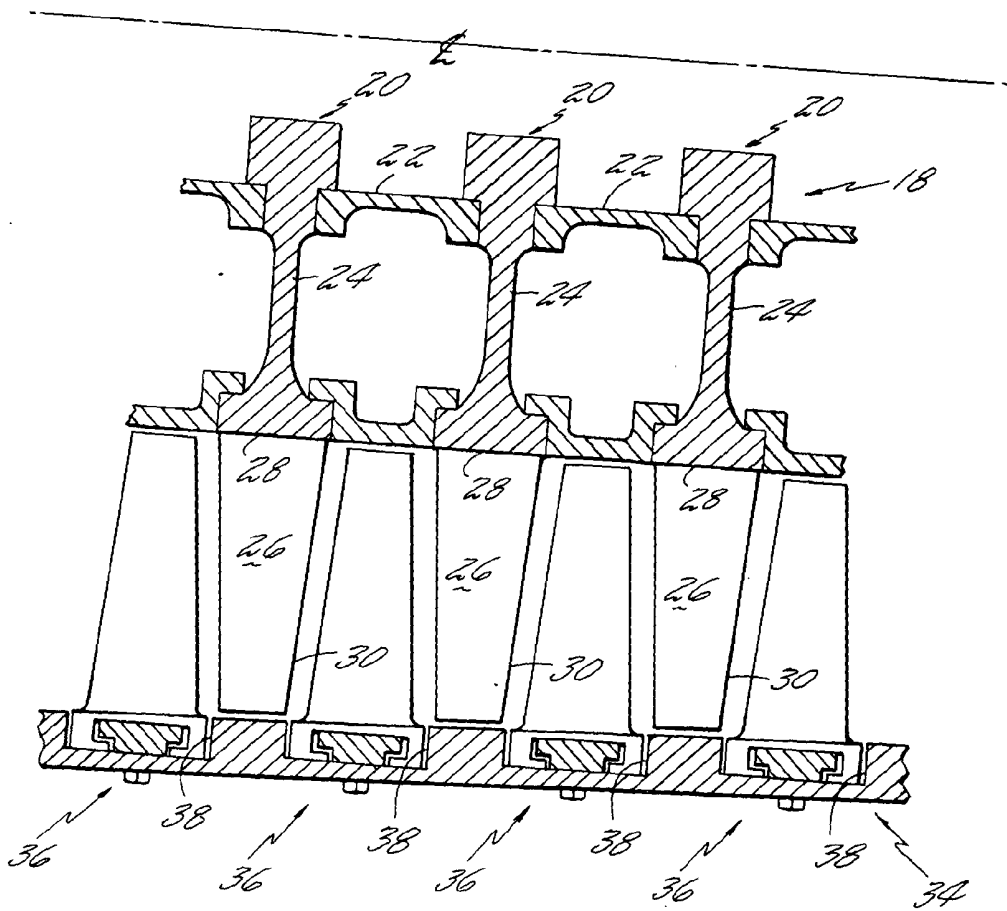
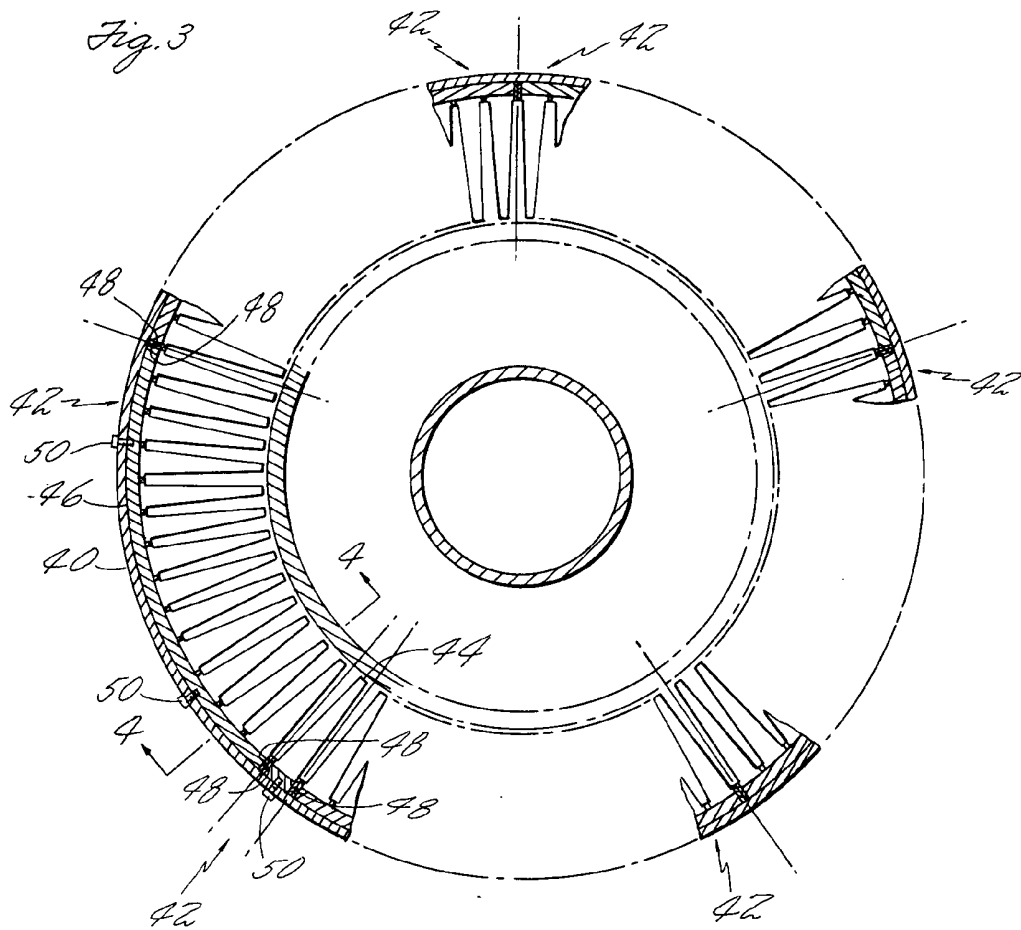


Fig. 2



149010



149010

Fig. 4

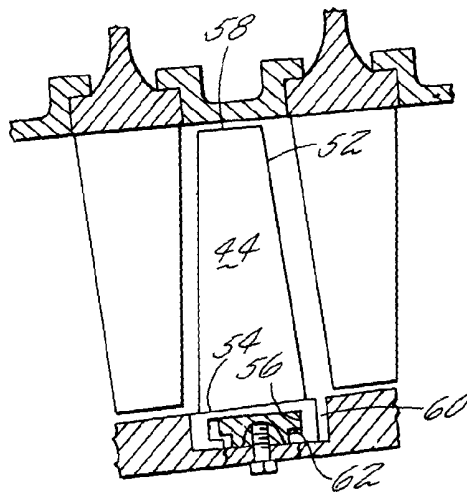


Fig. 5

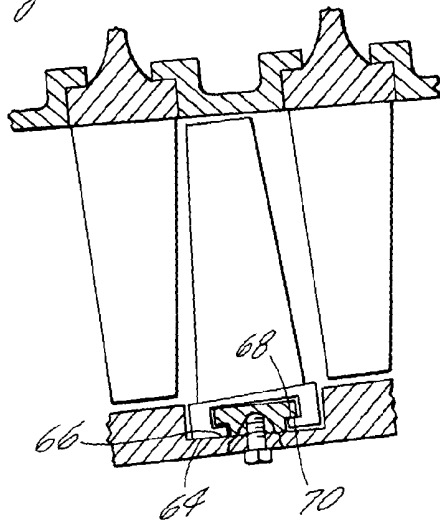


Fig. 6

