

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS

PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 921379 A7**

(12) **JULKISEKSI TULLUT PATENTTIHAKEMUS
PATENTANSÖKAN SOM BLIVIT OFFENTLIG
PATENT APPLICATION MADE AVAILABLE TO THE
PUBLIC**

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application 921379

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification
F16C 32/06

(22) Tekemispäivä - Ingningsdag - Filing date 06.08.1991

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date 30.03.1992

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public 30.03.1992

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date 13.06.2019

(86) Kansainvälinen hakemus - 06.08.1991 PCT/US1991/005565
Internationell ansökan - International
application

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet - Priority

06.08.1990 US 563242

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • **Ide, Russel D.**, 122 Ridge Drive, Exeter R.I. 02822, USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • **Russel D. Ide**, USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Leitzinger Oy, High Tech Center, Tammasaarenkatu 1, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention

Palkkiin asennetuilla laakerityynyillä varustetut hydrodynaamiset laak erit sekä tällaiset laakerit sisältävät tiivistetyt laakeriyksiköt

Hydrodynamiska lager med balkmonterade lagerdynor och sådana lager inn ehållande tätade lagerenheter

Palkkiin asennetuilla laakerityynyillä varustetut hydrodynaamiset laakerit sekä näitä sisältävät tiivistetyt laakeriyrsköt. - Hydrodynamiska lager med balkmonterade lagerdynor och dessa innehållande tätade lagerenheter.

Esillä olevan keksinnön kohteena on tyynytyyppinen laakeri ja menetelmät sellaisen valmistamiseksi. Tyynytyyppinen laakeri on edullisesti yhtenäinen ja muodostuu edullisesti yksittäisestä kappaleesta paksuseinäistä putkea tai sylinterimäisestä akselitapista, johon on koneistettu tai muodostettu pieniä uria ja rakoja, porauksia tai leikkauksia joko läpi tai laakerin seinämään muodostamaan joustava laakeri- tai painetyyny sekä tukirakenteesta, joka kykenee tukemaan tyynyä liikkeen aikaansaamiseksi kuudessa vapausasteessa (eli siirtymä tai liike $+x$ -, $-x$ -, $+y$ -, $-y$ -, $+z$ - ja $-z$ -suuntiin) ja pyörimisen aikaansaamiseksi x -, y - ja z -akselien ympäri hydrodynaamisen kiilan muodostumisen optimoimiseksi.

Esillä olevan keksinnön mukaiset laakerit on suunniteltu kolmiulotteiseksi jouston tai taipuman aikaansaamiseksi kuudessa vapausasteessa parhaan mahdollisen kiilanmuodostuksen varmistamiseksi joka hetki. Erityisesti on havaittu, että hydrodynaaminen laakeri toimii tehokkaimmin silloin, kun hydrodynaamisella kiilalla on useita erityisominaisuuksia. Erityisesti kiilan tulisi ulottua koko tyynypinnan yli; kiilalla tulisi kaiken aikaa olla asianmukainen paksuus; kiila tulisi muotoilla nestevuotojen minimoimiseksi; kiilan tulisi kompensoida suuntausvirhe siten, että laakerin pitkä akseli on yhteislineaarinen tai olennaisesti yhdensuuntainen konkreettisen akselin ajatellun akselin kanssa; ja kiila tulisi muodostaa mahdollisimman alhaisella nopeudella kiilanmuodostuspinnan vahingoittumisen estämiseksi, jota yleensä tapahtuu hitailla nopeuksilla akselin ja tyynypinnan kosketuksen seurauksena. Lisäksi painelaakerien kyseessä olleen välimatkan päässä toisistaan olevien laakerityynyjen kuormituksen tulisi olla

yhtä suuri.

Nestekalvon paksuuden suhteen on ymmärrettävä, että optimipaksuus vaihtelee kuormituksen mukaisesti. Suurella tai raskaalla kuormituksella tarvitaan suhteellisen paksu nestekalvo kuormituksen riittäväksi tukemiseksi. Paksuhkot kalvot kuitenkin lisäävät kitkaa ja tehonhäviötä. Laakerit siis suunnitellaan edullisesti siten, että ne antavat tarvittavan minimipaksuuden akselin tukemiseksi maksimikuormituksella.

Tukirakenne on edullisesti yhtenäinen ja siihen kuuluu tukiulokkeet, palkit ja/tai membraanit, jotka on liitetty runkokoteloon, jonka toisinaan muodostaa laakerin radiaalisesti uloin osa, kun kyseessä on akselin laakeri tai kantalaakerien kyseessä ollen koteloon, johon laakeri on asennettu.

Keksinnön mukaisesti on havaittu, että monissa erityiskäytöissä, esimerkiksi suurinopeuksisissa sovellutuksissa, on välttämätöntä tarkistaa ja arvioida akselistä tai roottorista, hydrodynaamisesta voitelukalvosta ja laakerista muodostuvan koko järjestelmän dynaaminen joustavuus. Suorittamalla tietokoneanalyysi tästä järjestelmästä käyttämällä määrättyä mallielementtiä on määriteltä, että koko laakeria täytyy käsitellä täysin joustavana elimenä, joka muuttaa muotoaan käyttökuormitusten alaisena. Lisäämällä enemmän tai vähemmän joustavuutta koneistamalla perusrakennetta voidaan saada aikaan sellaiset laakerin ominaisuudet, jotka mahdollistavat stabiilin, vähäkitkaisen toiminnan laajoissa toimintarajoissa. Useiden eri muuttujien on havaittu vaikuttavan olennaisesti heikentävästi laakerin suorituskykyominaisuuksiin. Kaikkein tärkeimpiä muuttujia ovat tyynyn ja tukiosien muoto, koko, sijoituspaikka ja materiaaliominaisuudet (esim. kimmomoduli jne.), jotka määritellään laakeriin muodostetuilla porauksilla, raoilla tai leikkauksilla ja urilla. Erityisen tärkeäksi on havaittu tukiosien muoto. Myös järjestämällä joustaville osille

nestetuenta voidaan saada aikaan korkealuokkainen vaimennus, joka edelleen lisää järjestelmän vakavuutta. Joissain tapauksissa vaimennus on korvannut sekundäärisen puristuskalvovaimennuksen, jota käytetään silloin, kun laakerin vaipan ja kotelon välissä on öljykalvo.

On havaittu, että joissakin tapauksissa laakerit, jotka on suunniteltu simuloituihin käyttöolosuhteisiin perustuen, eivät toimi parhaalla mahdollisella tavalla varsinaisissa käyttöolosuhteissa. Tästä syystä tarvitaan laakeri, jota voidaan säätää havaittujen käyttöolosuhteiden mukaisesti.

Esillä olevan keksinnön kohteena ovat myös hydrodynaamiset laakerit, joissa tukirakenteeseen kuuluu yksi tai useampia pietsosähköisiä elementtejä laakerin tukirakenteen väleissä ja tukirakenteen ja laakerityynyn välissä. Pietsosähköisten elementtien tällainen mukaanotto mahdollistaa tyynyn muodon ja suunnan aktiivisen hallinnan tai säädön ja vaikuttaa tukirakenteen jousto-ominaisuuksiin. Tämä voidaan tehdä syöttämällä täsmällinen määrä virtaa sopivasti sijoitettuihin pietsosähköisiin elementteihin kiilan muodon tai tyynypinnan muuttamiseksi kitkan minimoimiseksi, kuormituksen kantokyvyn maksimoimiseksi, jäykkyyden muuttamiseksi tai tukirakenteen vaimentamiseksi resonanssin ja akselin kieppumisen eliminomiseksi, eli laakerin suorituskyvyn optimoimiseksi hienosäätämällä tyyny ja tukirakenne varsinaisia käyttöolosuhteita vastaaviksi.

Esillä olevan keksinnön erään toisen näkökohdan mukaisesti kuhunkin pietsosähköiseen elementtiin syötettyä virtaa voidaan ohjata keskuskäsittely-yksiköllä (CPU) havaittujen olosuhteiden mukaisesti kiilan muodostuksen optimoimiseksi. Tarkemmin sanoen CPU voi vastaanottaa signaaleja sensoreista, jotka kykenevät havaitsemaan sellaiset fyysiset ominaisuudet, kuten lämpötilan, akselin ja tyynyn kosketuksen, melun, kitkan tehon kulutuksena

(eli amp draw). Kiila voidaan suunnata maksimikuorman kantamiseksi tai minimitehohäviön aikaansaamiseksi jne., jotka osoittavat kiilan laatua. CPU käsittelee nämä signaalit ja ohjaa virran syöttöä kuhunkin pietsosähköiseen elementtiin kiilan laadun parantamiseksi tai kiilan laadun säilyttämiseksi todettaessa sen olevan tyydyttävällä alueella. Vaihtoehtoisesti CPU voi toimittaa virtaa pietsosähköisiin elementteihin käsin syötettävien ohjeiden mukaisesti tiettyjen muodonmuutosten tai taipumien varalta. Käyttäjä voi esimerkiksi syöttää komennon "lisää jäykkyyttä" tai "nosta takasyrjää" ja CPU syöttää virtaa kyseisiin pietsosähköisiin elementteihin halutun tuloksen aikaansaamiseksi.

Kiilan laatua voidaan myös säätää mekaanisesti nostoruuvilla tai hydraulisella nesteellä laakerin tukirakenteen taipumisoinaisuuksien fyysiseksi muuttamiseksi. Molempia näitä järjestelmiä voidaan ohjata sähköisesti havaittujen olosuhteiden tai käsin syötettyjen signaalien perusteella. Näyttää kuitenkin siltä, että pietsosähköiset elementit muodostavat tehokkaimman tavan laakerin ominaisuuksien muuttamiseksi havaittujen olosuhteiden perusteella tai muuten.

Keksinnön mukaisesti on myös havaittu, että kaasulla tai ilmalla voideltujen taipumistyyntylaakereiden kohdalla on tapauksia, joissa kuormitukset tai nopeudet ylittävät kaasukalvon toimintakyvyn. Näissä tapauksissa on välttämätöntä syöttää nestemäistä voiteluainetta suppenevaan kiilaan muodostamatta nestesäiliötä tai kylpyä. Esillä olevan keksinnön avulla saadaan aikaan laakeri, joka ratkaisee tämän ongelman tuottamalla tarvittaessa nestemäistä voiteluainetta.

Keksinnön mukaisten laakereiden erityisiä käyttökohteita ovat sähkömoottorit, puhaltimet, turboahtimet, polttomoottorit, ulkolaitamoottorit ja kompressorit/levittimet. Koenopeudet ovat ylittäneet 300.000 rpm. Voidaan todeta, että leikkaukset, urat

ja aukot sen lisäksi, että laakerityyny pääsee liikkumaan suppevan kiilan muodostamiseksi hydrodynaamisen voitelun aikaansaamiseksi, sallivat itse tyynyn taipumisen ja muodonmuutoksen esimerkiksi litistymällä. Tämä parantaa käytön suorituskykyä mm. muuttamalla laakerin epäkeskeisyyttä.

Laakerit voidaan muodostaa metalleista, metallijauheista, muovista, keramiikasta tai komposiiteista. Pieninä määrinä valmistettaessa laakerit tyypillisesti koneistetaan työstämällä, sorvaamalla ja jyrsimällä aihiot suurempien urien tai aukkojen muodostamiseksi; pienemmät urat muodostetaan vesisuihkuleikkauksella, sähköpurkaus- tai laserkoneistusmenetelmällä, jolloin saavutetaan muotoilun täysi joustavuus laakerin säätämiseksi haluttujen ominaisuuksien aikaansaamiseksi. Viritys tai säätö muuttaa olennaisesti jäykkyyttä, joka puolestaan eliminoi tärinän. Valmistettaessa suurehkoja määriä yksittäistä laakerityyppiä käytetään edullisesti ruiskupuristusta, suulakepuristusta, metallijauheen ruiskuvalua, vahamallivalua tai jotakin muuta vastaavaa valmistustekniikkaa. Keksinnön erään näkökohdan mukaisesti valmistetaan keskisuuruisia määriä laakereita uudella menetelmällä; jossa yhdistetään koneistus ja vahamallivalutekniikat. Esillä olevan keksinnön kohteena ovat myös helposti valettavat laakerit, joissa ei ole piilossa olevia aukkoja ja siten ne voidaan valaa yksinkertaiseen kaksiosaiseen muottiin. Yleisesti ottaen keksinnön mukaiset laakerit voidaan valmistaa murto-osalla kilpailevien laakereiden kustannuksista.

Toisin kuin aikaisemmin tunnetuissa tyynytyyppisissä laakereissa, joissa tukirakenne on olennaisesti suunnattu kuormituksen suuntaan, esillä olevalla keksinnöllä aikaansaadaan suuntaus, joka sallii vertailukelpoiset taipumat pienemmällä vaipalla (eli akselilaakereissa radiaalisen sisälaakeripinnan ja radiaalisen ulkolaakeripinnan välinen ero) erityisesti akselilaakereissa; sallii laakerityynyn liikkeen mihin tahansa

suuntaan (eli kuusiasteinen vapaus) suppenevan kiilamuodon muodostamiseksi; sallii itse tyynyn muodonmuutoksen (esim. litistytminen) suorituskyvyn parantamiseksi; sallii membraanivaimennusjärjestelmän muodostumisen stabiilisuuden parantamiseksi; ja sallii laakerien kompensoivan tukiosan tai akselin suuntausvirheen ja tasapainottavan kuormituksen laakerityynyjen kesken paine- tai kantalaakerissa. Kaikki nämä ominaisuudet edesauttavat parhaan mahdollisen hydrodynaamisen kiilan muodostumista.

Vaikka porauksia, uria, leikkauksia tai rakoja on lukuisia erilaisia muodostelmia, on taipumia pääasiallisesti olemassa kahta lajia, nimittäin yksi tai useampia siteitä tai membraaneja, jotka taipuvat yleiseen kuormitusasuuntaan varsinaisen taipumisen ollessa kyseessä ja toiseksi vääntötaipumisena palkissa tai membraanissa suuntaan, joka ulottuu poispäin tyynystä pitkin akselin ajateltua pituusakselia akselilaakereissa. Suunnasta poikkeamisaste varsinaisessa taipumisessa on osittain tukirakenteen jäykkyyden funktio radiaaliseen suuntaan. Itse tyyny voidaan saattaa taipumaan kuormituksen alaisena eri muotoiseksi muodostamalla tyynyn alle sisäpuolisia leikkauksia tai uurtamalla tyynyn reunat. Kummassakin tapauksessa leikkaukset tai uurrot tehdään erityisesti ennalta määrätyn muodon aikaansaamiseksi kuormituksen alaisena. Ympäröimällä tai tukemalla tiettyjä siteitä tai membraaneja voitelunesteellä voidaan rakenteeseen lisätä vaimennuselementti.

Samanlaisia uurtoja tai leikkauksia käytetään akselilaakereihin ja kantalaakereihin. Tärkeimpänä määräävänä tekijänä ovat taipumat, jotka tarvitaan optimisuorituskyvyn aikaansaamiseksi. Koska akseli- ja kantalaakerit suorittavat kuitenkin merkittävästi erilaisia tehtäviä, on halutussa suorituskyvyssä luonnollisia eroja ja tarvitaan erilaisia taipumia. Tästä syystä voidaan todeta, että huolimatta keksinnön mukaisten akselilaakereiden ja kantalaakereiden välisestä yleisestä

periaatteellisesta samanlaisuudesta on olemassa myös merkittäviä periaatteellisia eroja ja selviä rakenteellisia eroavaisuuksia.

Keksinnön mukaiseen laakeriin kuuluu tyyny, joka voi muuttaa muotoaan ja siirtyä mihin tahansa suuntaan (eli on tuettuna liikkumaan kuusiasteisella vapaudella). Laakerissa voi olla myös sisäänrakennettu vaimennusjärjestelmä ja se on edullisesti yhtenäinen tai yksiosainen rakenne, jota voidaan valmistaa suurina määrinä taloudellisesti. Keksinnön mukaiset akselilaakerit sopivat myös suhteellisen pieneen vaippaan (eli pesän ulkohalkaisijan ja tyynyn sisähalkaisijan välinen etäisyys).

Esillä olevan keksinnön mukaisesti laakerityynyn ja tuettavan akseliosan välisten tiukkojen toleranssien tarve voidaan poistaa mitoittamalla laakeri siten, että laakerityynyn ja tuettavan akseliosan välinen etäisyys eliminoituu ja mitoittamalla samalla tukirakenne siten, että laakerin radiaalinen (akselilaakerin tapauksessa) tai aksiaalinen (kantalaakerin tapauksessa) jäykkyys on pienempi kuin tukevan nesteen vastaava nestekalvojäykkyys. Joko koko tyyny tai vain osa sitä voidaan esipakottaa kosketukseen akselin kanssa. Esimerkiksi erittäin joustavien laakereiden kohdalla voi olla edullista esitaivuttaa koko laakerityyny kosketukseen akselin kanssa. Toisaalta joissain tapauksissa on edullista esipakottaa ainoastaan laakerityynyn takareuna kosketukseen akselin kanssa hydrodynaamisen kiilan muodostamiseksi. Keksinnön mukaiset laakerit voidaan siis muotoilla siten, että akseliin asennettuna ne toimivat välisovitteen tavoin. Eräässä suoritusmuodossa laakerin ollessa pakotettuna akseliin tyynyn tukirakenne taipuu lievästi muodostaen suppenevan kiilamuodon ollessaan asennetussa, staattisessa asemassa kosketuksen vallitessa laakerityynyn ja akselin välillä takareunassa. Tällaisessa tapauksessa, jossa laakeri on muotoiltu muodostamaan staattisesti kuormitettu kiila, muodostuu tyynyn ja akselin väliin sopiva vällys heti,

kun akselia pyöritetään nestekalvon jäykkyyden ansiosta. Tämä johtuu siitä, että nestekalvo työntyy kiilan sisään ja muodostaa nestepaineen, joka aiheuttaa akselin ja tyynyn irtautumisen. Erityisesti voidaan todeta, että suhteellisen jäykkä neste saattaa suhteellisen joustavan palkkitukirakenteen taipumaan, kunnes tukirakenteen jäykkyys on yhtä suuri kuin nestekalvon jäykkyys. Nestekalvon välitön muodostuminen suojaa laakerityynyn pintaa vaurioilta, joita esiintyy alhaisilla käynnistysnopeuksilla akselin ja laakerin ollessa välittömässä kosketuksessa.

Yllä mainitun tapaiset välisovitelaakerit mahdollistavat paljon suuremman vaihtelun koneistustoleransseissa. Esimerkiksi suhteellisen suuri (esim. 0,003 tuumaa) vaihtelu välisovituksessa voidaan tehdä siten, että sillä on vain vähäinen merkitys kiilaan. Tämä on erityisen tärkeätä kaasulla voidelluissa laakereissa, joissa vuorottaiset laakerimuodot vaativat erityisen täsmällistä koneistusta toimiakseen kunnolla. Esillä oleva keksintö helpottaa koneistusvaatimuksia.

Samalla tavoin keksinnön mukaiset paine- tai kantalaakerit voidaan muotoilla staattisesti kuormitetun kiilan muodostamiseksi. Tarkemmin sanoen keksinnön mukaiset kantalaakerit voidaan muotoilla siten, että laakerityynyt taipuvat sillä tavoin, että laakerityynyn sisempi kehäreuna ulottuu pois päin akselistasta ja takareuna ulottuu kohti akselia. Tällä järjestelyllä saadaan aikaan se, että staattisesti kuormitetussa tilassa laakerityyny kallistuu kohti akselia radiaaliseen suuntaan (siirryttäessä pois päin ajatellusta akselistasta). Edelleen laakerityyny kallistuu kohti akselia etureunasta takareunaan. Tällä tavoin muodostuu lähes optimikiilan kaltainen staattisesti kuormitettu kiila ja akselia pyöritettäessä muodostuu välittömästi sopiva välitys tyynyjen ja akseleiden väliin.

Keksinnön mukaisissa laakereissa tyynyn liike voidaan suunnata akselia kohti akselin aseman säilyttämiseksi ja tyynyn saattamiseksi kykeneväksi säätämään akselin suuntausvirhe ja epätasainen kuormitus tyynyjen kesken. Luonnollisesti keksintöä voidaan soveltaa mihin tahansa radiaalimuotoisiin, kantamuotoisiin tai yhdistettyihin radiaali- ja kantamuotoisiin laakereihin ja se voi olla luonteeltaan yksi- tai kaksisuuntainen riippuen laakerin rakenteesta. Tarkemmin sanoen voidaan todeta, että jos laakerin tukirakenne on symmetrinen laakerin tyynyn kehän keskiviivan suhteen, laakeri on kaksisuuntainen eli kykenee tukemaan akselia sen pyörittämiseksi kahteen suuntaan identtisellä tavalla. Mikäli kuitenkin laakerin tukirakenne on epäsymmetrinen laakerin tyynyn kehän keskiviivan suhteen, laakeri poikkeaa suunnastaan eri tavalla tukiessaan akselia sen pyörittämiseksi ensimmäiseen suuntaan verrattuna vastakkaiseen suuntaan tapahtuvaan pyöriykseen. Sekä akseli- tai radiaali-laakereissa että kantalaakereissa suurin ajateltu akseli on sen sylinterimäisen aihion keskiakseli, josta laakeri on muodostettu.

Keksinnön mukaisten laakereiden erään toisen tärkeän näkökohdan mukaisesti laakerityynyjä voidaan tukea taipumaan hydrodynaamisen nesteen säilyttämiseksi, jolloin vältetään nesteen vuodosta aiheutuva ongelma. Mitä tulee radiaali- tai akselilaakereihin, tukirakenne on muotoiltu siten, että kuormituksen alaisena laakerityyny taipuu tai joustaa muodostaen nesteen pitävän taskun. Yleisesti ottaen tällainen tuki saadaan aikaan, kun primäärinen tukiosa on liitetty laakerityynyyn lähellä laakerityynyn aksiaalisia reunoja ja laakerityynyn keskustaa ei suoraan tueta, eli keskusta pääsee vapaasti taipumaan radiaalisesti ulospäin. Vaihtoehtoisesti tai lisäksi voidaan sijoittaa yksi tai useampia pietsosähköisiä elementtejä tukirakenteeseen tai tukirakenteen ja tyynyn väliin, jolloin on mahdollista pakolla deformoida tynny nesteen säilytystaskun muodostamiseksi tai sen muodostumisen edistämiseksi.

*Kanta- tai painelaakereiden ollessa kyseessä tyyny tuetaan siten, että se kallistuu kohti laakerin sisähalkaisijaa kuorimituksen alaisena estäen siten keskipakoisvuodon. Yleisesti ottaen tämä tapahtuu silloin, kun tyynyn tukipinta, jossa primäärinen tukirakenne tukee laakerityynyä, sijaitsee lähempänä laakerin ulkohalkaisijaa kuin laakerin sisähalkaisijaa. Kun primääriseen tukirakenteeseen kuuluu kaksi tai useampia radiaalisesti välimatkan päässä toisistaan olevia palkkeja, kokonaistukirakenne pitää suunnitella ja muotoilla laakerityynyn taipumisen aikaansaamiseksi sisäpäässä. Edelleen, kun laakerityyny on tuettu useilla radiaalisesti välimatkan päässä toisistaan olevilla palkeilla ja palkkien välistä aluetta ei suoraan tueta, tyyny pyrkii taipumaan siten, että muodostuu kovera nesteen säilyttävä kanava. Myös tässä tapauksessa pietsosähköisiä elementtejä voidaan sijoittaa tukirakenteeseen hydrodynaamisen kiilan selektiivisen muodostumisen mahdollistamiseksi tai sen muodostumisen selektiiviseksi edistämiseksi.

Keksinnön erään toisen näkökohdan mukaisesti keksinnön mukaiset hydrodynaamiset laakerit voidaan kiinnittää pyörivään akseliin liikkumaan akselin mukana staattisen tukipinnan suhteen runkokotelossa. Pyörivään akseliin asennettaviksi sovitettujen laakereiden yleisrakenne on samanlainen kuin staattiseen runkoon asennettaviksi tarkoitettujen laakereiden, mutta rakenne on radiaalisesti käänteinen. Luonnollisesti on olemassa eroja johtuen tukien käänteisestä suuntauksesta. Tyynyosia vastaavat liikkuvat tyynyosat on tuettu radiaalisesti sisäänpäin olevalle tukirakenteelle. Tukirakenne tukee laakerityynyä taipumaan radiaalisesti sisäänpäin ja ulospäin hydrodynaamisen kiilan muodostamiseksi runkokotelon tasaisen osan suhteen. Lisäksi, kun laakeri pyörii akselin mukana, keskipakoisvoima vaikuttaa laakerityynyihin pyrkien pakottamaan laakerityynyt ulospäin kohti runkokotelon tasaista pintaa. Tällainen rakenne on yleensä kaikkein sopivin kevytkuormaisiin käyttötarkoituksiin.

*Esillä olevan keksinnön kohteena ovat myös tiivistetyt laakerirunkoyksiköt tai -rakenteet, jotka sisältävät yhden tai useamman hydrodynaamisen laakerin, jotka ovat edullisesti tässä esitettyä tyyppiä tai hakijan aikaisemmissa hakemuksissa esitettyä tyyppiä. Yleisesti ottaen tiivistettyihin laakeriyrksiköihin kuuluu tiivistetty runko tai kotelo, jossa on staattinen runko-osa, pyöritettävä runko-osa ja staattisen runko-osan ja pyöritettävän runko-osan välissä ulottuva tiiviste rungon nestetiiviyden säilyttämiseksi pyörivän runko-osan liikkuesssa staattiseen runko-osaan nähden.

Pyörivä runko- tai kotelo-osa on kiinnitetty akseliin ja pyörii akselin mukana. Pyörivän runko-osan kiinnitys akseliin voidaan suorittaa miten tahansa, jolloin kyseeseen tulee urasovitus, kierteitys, kiilaus, liimaus, hitsaus, lämpökutistaminen tai vastaavat. Staattinen runko-osa on kiinnitetty runkoon eikä pyöri sen mukana. Staattinen osa voidaan kiinnittää runkoon myös millä tahansa tunnetulla tavalla, kuten urituksella, kiilaamalla, liimaamalla, hitsaamalla tai vastaavasti.

Yleensä joko staattinen runko-osa tai pyörivä runko-osa (tavallisesti staattinen osa) on muodostettu kahdesta tai useammasta kappaleesta. Tämä helpottaa laakeriyrksikön kokoamista erityisesti silloin, kun runkoyksikön sisään suljetaan useampia kuin yksi laakeri.

Tiiviste voi olla millainen tahansa tunnettu tiiviste, jollaisia ovat esimerkiksi O-rengas, perustiiviste, sulkutiiviste, huulitiiviste, puristustiiviste, U-kuppitiiviste, laippa- tai hattutiiviste, V-rengastiiviste, O-rengastiiviste, T-rengastiiviste, kuppitiiviste ja rajoitettu tiiviste. Kyseinen tiivisterakenne riippuu tarvittavasta tasapainosta tiukan tiivistyksen säilyttämiseksi ja vähäkitkaisen tiivistyksen aikaansaamiseksi.

Keksinnön erään tärkeän näkökohdan mukaisesti voidaan

staattisen runko-osan ja pyörivän runko-osan väliin sijoittaa ferrofluidinen tiiviste. Erityisesti voidaan todeta, että jompi kumpi kahdesta runko-osasta, edullisesti staattinen runko-osa, on varustettu kestmagneetilla, sähkömagneetilla tai muilla elimillä magneettisen kentän muodostamiseksi pyörivän runko-osan ja staattisen runko-osan välisen raon alueelle. Ferroneste täyttää rungon tai kotelon sisäosan ja sitä käytetään hydrodynaamisena nesteenä. Jonkin verran ferronestettä virtaa rakoon. Johtuen magneettisen kentän läsnäolosta ferroneste asettuu O-renkaan muotoon täyttäen kokonaan raon ja muodostaen hermeettisen sulun päästään pyörivän runko-osan pyörimään staattisen runko-osan suhteen ilman, että runkokotelossa olevaa ferronestettä vuotaa. Voidaan helposti ymmärtää, että tällainen tiiviste ei kulu samalla tavoin kuin elastomeeriset tai muut kiinteät tiivisteet.

Tiivisteet, staattinen runko ja pyörivä runko muodostetaan yhdessä siten, että muodostuu rengasmaisen kammio tai tila. Edullisesti tässä kuvattua tyyppiä oleva yksi tai useampi hydrodynaaminen laakeri sijoitetaan kammioon. Kammio täytetään hydrodynaamisella nesteellä. Hydrodynaaminen laakeri on integraalinen tai kiinteästi asennettu joko pyörivään runko-osaan tai staattiseen runko-osaan liikkumaan toisen osan suhteen. Toiseen osaan on muodostettu sileä tukipinta laakerityynyn pinnan viereen. Laakeri on muotoiltu tai suunniteltu siten, että akselia pyöritettäessä muodostuu hydrodynaaminen kiila laakerityynyjen ja tukipinnan väliin. Tällä tavoin akselia tukee kalvon sisässä oleva neste.

Millainen tahansa hydrodynaaminen laakeri voidaan asentaa kammioon. Tällaisia laakereita voivat olla radiaaliset laakerit, paine- tai kantalaakerit, yhdistetyt radiaaliset ja kantalaakerit tai mikä tahansa näiden kolmen laakerityypin yhdistelmä. Lisäksi keksinnön erään tärkeän näkökohdan mukaisesti voidaan keksinnön mukaisten kantalaakereiden tilalle

sijoittaa yksittäiset laakerityynyt. Laakeri- tai kantatyynyt voivat olla hakijan aikaisemmassa US-patentissa n:o 4,676,668 kuvattua tyyppiä. Runkokoteloon sijoitetut erilaiset laakerit tulisi tiivistää erityisesti aksiaaliseen suuntaan tiukaksi rakenteeksi kunnollisen toiminnan varmistamiseksi.

Keksinnön erään toisen näkökohdan mukaisesti voi keksinnön mukaisilla tiivistetyillä hydrodynaamisilla laakeriyksiköillä olla modulirakenne, jossa voidaan käyttää vakiorunkoa ja erilaisia vakiolaakereita erilaisten vaatimusten tyydyttämiseksi. Modulirakenteen peruskomponentit ovat runkokomponentit, eli staattinen runko-osa, tiivisteet ja pyörivä runko, valikoima radiaalisia, kanta- ja yhdistettyjä radiaalisia ja kantalaakereita ja valikoima pidikkeitä ja/tai välikkeitä rungon aksiaaliseksi tiivistämiseksi kunnollisen suorituskyvyn varmistamiseksi. Tämän modulirakenteen ansiosta voidaan käyttää standardoituja osia monien erilaisten tulosten aikaansaamiseksi ja tällöin on mahdollista käyttää suurtuotannon etuja valmistettaessa hydrodynaamisia laakereita. Modulirakenteen avulla saavutetaan siis potentiaalisia säästöjä valmistuskustannusten osalta.

Esillä olevan keksinnön mukaisesti keksinnön kohteita ovat myös erilaiset menetelmät keksinnön mukaisten laakereiden valmistamiseksi. Tietyn valmistusmenetelmän valinta riippuu suuressä määrin tietyn valmistettavan laakerin valmistusmääristä ja käytetyistä materiaaleista. Pienissä käyttövolyymeissa tai kun halutaan valmistaa prototyyppejä testausta ja/tai muottien tai vastaavien muodostamista varten, laakerit valmistetaan edullisesti sylinterimäisistä metalliaihiosta, kuten paksuseinäisestä putkesta tai muista akselitapeista, jotka koneistetaan radiaalisten ja/tai pintaporausten tai urien muodostamiseksi ja niihin muodostetaan radiaalisia leikkauksia tai rakoja joko numeerisesti ohjatuilla sähköpurkausvalmistusmenetelmillä, numeerisesti ohjatuilla laserleikkausmenetelmillä tai numee-

risesti ohjatulla vesisuihkuleikkauksella. Keskisuurina määrinä keksinnön mukaisia laakereita valmistetaan edullisesti käyttämällä keksinnön mukaista vahamallimenetelmää. Suurtuotantotar-koituksissa keksinnön mukaisia laakereita voidaan valmistaa käyttämällä monia erilaisia materiaaleja, joita ovat esimerkiksi muovi, keramiikka, jauhemaiset ja jauhamattomat metallit ja komposiitit. Suurina määrinä valmistettaessa voidaan taloudellisesti käyttää useita valmistusmenetelmiä, joita ovat ruiskupuristus, valu, metallijauhe, ruiskuvalu ja suulakepuristus. Keksinnön mukaiset laakerit voidaan muotoilla helposti puristettaviksi tai valettaviksi.

Lyhyesti sanoen keksinnön kohteena ovat radiaaliset, paine- tai kanta- ja yhdistetyt radiaaliset ja hydrodynaamiset kantalaakerit, jotka ovat suorituskyvyltään merkittävästi parempia kuin tunnetut laakerit ja joita voidaan valmistaa murto-osalla kilpailevien laakereiden kustannuksista. Edelleen keksinnön kohteena on tiivistetty laakeriyksikkö, joka mahdollistaa tällaisten laakereiden helpon käytön sellaisissa käyttötarkoituksissa, joissa tähän mennessä on käytetty vain rullaelementtilaakereita.

Keksintöä selvitetään seuraavaksi yksityiskohtaisesti viittamalla oheisiin piirustuksiin, joissa:

Kuvio 1A on kaaviomainen poikkileikkauskuva radiaalisesta laakerista, joka on suljettu tiivistettyyn moduulirunkoyksikköön.

Kuvio 1B on kaaviomainen poikkileikkauskuva kuvion 1A mukaisesta runkoyksiköstä, jonka sisään on sijoitettu kantalaakeriyksikkö.

Kuvio 1C on kaaviomainen poikkileikkauskuva kuvion 1A mukaisesta runkoyksiköstä, jonka sisään on sijoitettu kantalaakereita ja radiaalisia laakereita.

Kuvio 1D on kaaviomainen poikkileikkauskuva kuvion 1A mukaisesta runkoyksiköstä, jonka sisään on sijoitettu pari yhdistettyjä radiaalisia ja kantalaakereita.

Kuvio 2 on poikkileikkauskuva akselin laakerista esittäen siitä keksinnön erään suoritusmuodon mukaisen sektorin.

Kuvio 2A on kaaviokuva yksittäisestä tyynystä, joka on valmistettu kuviossa 2 esitetyn esimerkin mukaisesti.

Kuvio 3 esittää kuvion 2 mukaisen tyynyn reunaa osoittaen tyynyn suuntauksen tukirakenteen ollessa kuormitetussa tilassa.

Kuvio 4 on leikkauskuva keksinnön mukaisesti valmistetun akselin laakerin toisen suoritusmuodon mukaisesta sektorista.

Kuvio 5 on osittain leikkauksena esitetty kuva kuvion 4 mukaisesta yksittäisestä tyynystä.

Kuvio 5A on perspektiivikuva kuvion 4 mukaisen laakerin modifioidun suoritusmuodon eräästä osasta.

Kuvio 5B on perspektiivikuva kuviossa 4 esitetyn laakerin eräästä modifioidusta suoritusmuodosta.

Kuvio 6 on päätykuva kuvion 4 mukaisesta laakerista.

Kuvio 6A on poikkileikkaus kuvion 6 mukaisesta laakerista tiivistetyssä runkoyksikössä.

*Kuvio 7 on voimakkaasti suurennettu kaaviokuva palkin vääntötaipumisesta.

Kuvio 8 on leikkauskuva akselin laakerista esittäen erään esimerkin laakerista, jossa on kaksi palkkia käsittävä esillä olevan keksinnön tunnusmerkki.

Kuvio 9 on reunakuva kuvion 1 mukaisesta tyynystä esittäen suuresti liioiteltuna tyynypinnan paikallisen taipuman ilman, että tukirakenne taipuu.

Kuvio 10 on reunakuva kuvion 8 mukaisesta tyynystä esittäen tyynyn suuntauksen tukirakenteen ollessa kuormitetussa tilassa.

Kuvio 10A on reunakuva kuvion 8 mukaisesta tyynystä esittäen tyynypinnan paikallisen taipuman suuresti liioiteltuna.

Kuviot 11A ja 11B ovat poikkileikkauskuvia sylinterimäisestä akselitapista tai aihioista ennen koneistusta.

Kuviot 12A ja 12B ovat poikkileikkauskuvia koneistetusta akselitapista tai aihioista.

Kuviot 13A ja 13B ovat poikkileikkauskuvia edelleen koneistetusta akselitapista tai aihioista.

Kuviot 14A ja 14B ovat poikkileikkauskuvia modifioidusta koneistetusta akselitapista tai aihioista.

Kuviot 14C ja 14D ovat poikkileikkauskuvia laakerista, joka on rakennettu kuvioiden 14A ja 14B mukaisesta modifioidusta koneistetusta akselitapista tai aihioista.

Kuvio 15 esittää ylhäältäpäin paine- tai kantalaakeria, jossa on palkkiin asennetut laakerityynyt.

Kuvio 15A on poikkileikkaus kahdesta kuvion 15 mukaista tyyppiä olevasta laakerista tивиistetyssä runkoyksikössä.

Kuvio 16 on sivupoikkileikkaus kuvion 15 mukaisesta kantalaakerista.

Kuvio 17 esittää alhaaltapäin kuvion 15 mukaista kantalaakeria.

Kuvio 18 on perspektiivikuva kuvion 15 mukaisen kantalaakerin osasta.

Kuvio 19 esittää ylhäältäpäin aikaisemmin tunnettua kantalaakeria.

Kuvio 20 on poikkileikkaus kuvion 19 mukaisesta aikaisemmin tunnetusta kantalaakerista.

Kuvio 20a esittää kaaviomaisesti osaa kuvioiden 19 ja 20 mukaisesta tunnetusta kantalaakerista esittäen paineen jakautumisen laakerityynyn pintaan.

Kuvio 21 esittää ylhäältäpäin keksinnön mukaista kantalaakeria, jossa on kaksijalkainen tuki.

Kuvio 22 on sivupoikkileikkaus kuvion 21 mukaisesta kantalaakerista.

Kuvio 23 esittää alhaaltapäin kuvion 21 mukaista laakeria.

Kuvio 23A esittää alhaaltapäin kuvion 21 mukaisen laakerin erästä modifioitua suoritusmuotoa.

*Kuvio 24 on perspektiivikuva kuvion 21 mukaisen laakerin osasta.

Kuvio 25 on poikkileikkaus eräästä toisesta keksinnön mukaisesta laakerista.

Kuvio 26 on poikkileikkaus eräästä toisesta keksinnön mukaisesta laakerista.

Kuvio 26A on poikkileikkaus kuvion 26 mukaisesta laakerista tiivistetyssä runkoyksikössä.

Kuvio 27 on sivulta nähty poikkileikkaus eräästä toisesta keksinnön mukaisesta laakerirakenteesta.

Kuvio 28 on ylhäältä nähty poikkileikkaus kuvion 27 mukaisesta laakerirakenteesta.

Kuvio 29 on sivulta nähty poikkileikkaus eräästä toisesta keksinnön mukaisesta laakerirakenteesta.

Kuvio 29A on poikkileikkaus eräästä toisesta keksinnön mukaisesta kantalaakerirakenteesta.

Kuvio 29B on eräs toinen poikkileikkaus kuvion 29A mukaisesta laakerista.

Kuvio 29C on poikkileikkaus kuvion 29A mukaisesta laakerista tiivistetyssä runkoyksikössä.

Kuvio 30 on ylhäältä nähty poikkileikkaus kuvion 29 mukaisesta laakerirakenteesta.

Kuvio 30A esittää ylhäältäpäinkuvion 29A mukaista laakeria.

*Kuvio 30B esittää alhaalta päin kuvion 29A mukaista laakeria.

Kuvio 31 on sivukuva eräästä toisesta keksinnön mukaisesta akselin laakerirakenteesta.

Kuvio 31A on radiaalinen poikkileikkaus kuviossa 31 esitetyn laakerin osasta.

Kuvio 31B on poikkileikkaus kuvion 31 mukaisesta laakerista tiivistetyssä runkoyksikössä.

Kuvio 32 on sivukuva eräästä toisesta keksinnön mukaisesta akselin laakerirakenteesta.

Kuvio 32A on radiaalinen poikkileikkaus kuvion 32 mukaisesta laakerista.

Kuvio 32B on perspektiivikuva kuvion 32 mukaisesta laakerista.

Kuvio 32C on poikkileikkaus kuvion 32 mukaisesta laakerista tiivistetyssä runkoyksikössä.

Kuvio 33 on sivukuva eräästä toisesta keksinnön mukaisesta akselin laakerirakenteesta.

Kuvio 33A on yksityiskohta osasta kuvion 33 mukaisen laakerin ulkokehää.

Kuvio 33B on poikkileikkaus kuvion 33 mukaisesta laakerista.

Kuvio 33C on eräs toinen poikkileikkaus kuvion 33 mukaisesta laakerista.

Kuvio 33D on poikkileikkaus kuvion 33 mukaisesta laakerista tiivistetyssä runkoyksikössä.

Kuvio 34 on sivukuva eräästä toisesta keksinnön mukaisesta akselin laakerista.

Kuvio 34A on yksityiskohta kuvion 34 mukaisen laakerin ulkokehän osasta.

Kuvio 34B on poikkileikkaus kuvion 34 mukaisesta laakerista.

Kuvio 34C on eräs toinen poikkileikkaus kuvion 34 mukaisesta laakerista.

Kuvio 34D on eräs toinen poikkileikkaus kuvion 34 mukaisesta laakerista.

Kuvio 35 on sivukuva keksinnön mukaisesta yhdistetystä radiaalisesta ja kantalaakerista.

Kuvio 35A on poikkileikkaus kuvion 35 mukaisesta laakerista.

Kuvio 35B on eräs toinen poikkileikkaus kuvion 35 mukaisesta laakerista.

Kuvio 36 on sivukuva eräästä toisesta keksinnön mukaisesta yhdistetystä radiaalisesta ja kantalaakerista.

Kuvio 37 on kaaviomainen poikkileikkaus kuvion 36 mukaisesta laakerista esittäen laakerityynnyyn vaikuttavat voimat.

Kuvio 37A on poikkileikkaus kuvion 37 mukaisesta laakerista tiivistetyssä runkoyksikössä.

Kuvio 38A esittää ylhäältäpäin keksinnön mukaista helposti muottiin puristettavaa kantalaakeria.

Kuvio 38B esittää alhaaltapäin kuvion 38A mukaista laakeria.

Kuvio 38C on osiin hajotettu poikkileikkaus pitkin kuviossa 38A esitettyjä linjoja.

Kuvio 38D on pohjakuva esittäen kuvioissa 38A-C esitetyn laakerin modifikaatioita.

Kuvio 38E on osittainen poikkileikkaus kuvion 38A mukaisesta laakerista tiivistetyssä runkoyksikössä.

Kuvio 39A esittää ylhäältäpäin erästä toista keksinnön mukaista helposti muottiin puristettavaa kantalaakeria.

Kuvio 39B esittää alhaaltapäin kuvion 39A mukaista laakeria.

Kuvio 39C on osittainen poikkileikkaus esittäen laakerityynyjen tukirakenteen kuvioden 39A ja 39B mukaisessa laakerissa.

Kuvio 40 on sivukuva keksinnön mukaisesta itsevoitelevasta laakerista.

Kuvio 40A on poikkileikkakus kuvion 40 mukaisesta laakerista.

Kuvio 41 on sivukuva keksinnön mukaisesta itsevoitelevasta yhdistetystä radiaali- ja kantalaakerista.

Kuvio 41A on poikkileikkaus kuvion 41 mukaisesta laakerista.

Kuvio 42 on poikkileikkaus tiivistetystä laakeriyksiköstä, jossa erilliset laakerityyny on kiinnitetty staattiseen runko-osaan.

Kuvio 43 on sivukuva keksinnön mukaisesta yhdistetystä radiaali-kantalaakerista.

Kuvio 43A on poikkileikkaus kuvion 43 mukaisesta laakerista.

Kuvio 44 on poikkileikkaus laakerista, joka on sovitettu kiinnitettäväksi akseliin pyörimään akselin mukana runkokotelon suhteen.

Kuvio 45 on poikkileikkaus eräästä toisesta laakerista, joka on sovitettu kiinnitettäväksi akseliin.

Kuvattaessa keksinnön mukaista laakeria ymmärrettävällä tavalla on edullista kuvata laakerirakenteet siten, että ne on muodostettu sylinterimäisestä aihioista muodostamalla kyseiseen sylinterimäiseen aihioon uria, rakoja, porauksia ja muita aukkoja. Kuten jäljempänä on todettu, tämä on toisinaan käyttökelpoinen menetelmä prototyyppilaakerin valmistamiseksi. Viittauksella sylinterimäiseen aihioon on kuitenkin pääasiallisesti tarkoitus helpottaa keksinnön ymmärtämistä. Voidaan todeta, että vaikka monia keksinnön mukaisia laakereita voidaan valmistaa sylinterimäisestä aihioista, ei yhdenkään sellaisen valmistus ole välttämätöntä. Itse asiassa laakerit voidaan valmistaa monilla eri tavoilla, joista joitakin on selvitetty jäljempänä.

Tarkasteltaessa ensinnäkin kuviota 2 voidaan todeta, että siinä esitetty rakenne on sektori akselin laakeriyksiköstä, johon on muodostettu uria ja rakoja rungon 10 rajoittamiseksi ja useita kehälle järjestettyjä laakerityynyjä 12, joista kutakin tukee tukirakenne, johon kuuluu runko, palkki 14 ja tappiosa 126. Laakerin määrittää tyynyn kehän keskiviiva 13a (kuviossa 3). Tällöin siis esitetty laakeri on yksisuuntainen radiaalilaakeri, eli se on sovitettu tukemaan radiaalisesti akselia siten, että se pyörii vain yhteen suuntaan. Esitetyssä suoritusmuodossa laakeri tukee akselia 5 siten, että se pääsee pyörimään vain nuolen esittämään vastapäiväiseen suuntaan. Toisaalta, jos laakeri olisi symmetrinen tyynyn keskiviivan suhteen, se kykenisi tukemaan akselia 5 siten, että se pyörisi joko

*myötäpäivään tai vastapäivään ja tällöin laakeri olisi kaksisuuntainen.

Kuhunkin laakerityynyn 12 kuuluu etureuna 15 ja takareuna 17. Etureuna määritellään reunaksi, jota akselin kehällä oleva piste lähestyy akselin jatkaessa pyörimistään. Samalla tavoin takareuna määritellään reunaksi, jota akselin sama piste lähestyy myöhemmin akselin pyöriessä. Kun akseli 5 pyörii oikeaan suuntaan, se liikkuu nestekalvolla etureunasta laakerityynyn yli ja irti takareunasta. Optimi suorituskyky saavutetaan silloin, kun tappiosa 16 tukee laakerityynyä 12 ja siis mahdollista kuormaa pisteessä 16a (kuvio 3), joka on tyynyn 12 kehän keskiviivan 13a ja takareunan 17 välissä ja edullisesti lähempänä keskiviivaa 13a. Palkin 14 tulisi myös kääntyä pisteen 14a ympäri, joka on sijoitettu kulmittain etureunan ja takareunan väliin siten, että palkin 14 taipumisen seurauksena takareuna 17 taipuu sisäänpäin. Luonnollisesti taipumisaste riippuu mm. palkin muodosta ja laakeriin muodostettujen uurtojen tai rakojen pituudesta.

Vaikka tässä viitataan erityisesti joko akselin laakereihin tai kantalaakereihin keksinnön ymmärtämisen helpottamiseksi, jotkut samoista laakerisuunnittelun periaatteista pätevät riippumatta siitä erityisestä muodosta, jollaiseksi laakeri suunnitellaan. Esimerkiksi molemmat laakerityypit toimivat sillä periaatteella, että muodostuu hydrodynaaminen kiila. Edelleen sekä akselin laakerien että kantalaakerien pitkä ajateltu akseli on sen sylinterimäisen aihion keskiakseli, josta laakeri muodostetaan. Tyynyn kehän keskiviiva on se radiaalisesti ulottuva viiva, joka kulkee tyynyn geometrisen keskustan ja laakerin pitkän ajatellun akselin kautta. Jos siis joko kantalaakeri tai akselin laakeri on symmetrinen tämän ajatellun keskiviiva-akselin suhteen, pitkän akselin suhteen, laakeri on kaksisuuntainen.

Kantalaakereiden ja akselin tai radiaalilaakereiden välillä on merkittäviä eroja. Tärkein ero on luonnollisesti akselin tuettu osa ja tästä syystä laakerin tyynytykien suuntaus ja/tai kulma; kun esimerkiksi akselin laakerit tukevat akselien kehäosia, kantalaakerit tukevat akselien olake- tai aksiaalisia päätyosia. Tästä perustavaa laatua olevasta erosta seuraa muita eroja. Esimerkiksi radiaali- tai akselin laakerissa kuormituksen suuntaiset tyynyt vastaanottavat tai tukevat kuormitusta. Sen sijaan kantalaakerissa normaalisti kaikki tyynyt jakavat kuormituksen. Lisäksi akselin laakerissa on yleensä sisäänrakennettu kiila johtuen akselin ja laakerin halkaisijoiden eroista; sen sijaan kantalaakereissa ei ole tällaista sisäänrakennettua kiilaa. Lisäksi, kun akseli- tai radiaalilaakeri ohjaa tai säätelee pyörimisvakavuutta yhtä hyvin kuin kuormitusta; kantalaakeri tukee tai kantaa tyypillisesti ainoastaan kuormitusta. Samoin tulisi ymmärtää, että akselin laakereiden, erityisesti hydrodynaamisten akselin laakereiden rakenne tai muoto on merkittävästi monimutkaisempi kuin kantalaakereiden rakenne. Osittain tämä johtuu rajoituksista, jotka aiheutuvat tarpeesta rajoittaa akselin laakereiden radiaalista vaippaa. Näiden erojen ottamiseksi huomioon on kantalaakereiden rakenne luonnollisesti hiukan erilainen kuin akselin laakereiden. Tästä keksinnön selityksestä kuitenkin selviää, että monet tässä esitetyt periaatteet pätevät sekä kanta- että akselilaakereihin.

Kuvioissa 1A-1D on kaaviomaisesti esitetty keksinnön mukainen tiivistetty laakeriyksikkörakenne. Kuten näissä kuvioissa on esitetty, tiivistettyyn runko- tai pesäyksikköön 1 kuuluu staattinen runko-osa 2, joka on kiinnitetty runkokoteloon, pyörivä runko-osa 3, joka on kiinnitetty akseliin 5 sokkurilla, kierteillä, kiiloilla, hitsaamalla, liimaamalla, lämpökutistamalla tai vastaavasti, pyörivän runko-osan 3 ja staattisen runko-osan 2 välisen tiivistyksen muodostavat tiivisteet 7, tiivistetyn runkokotelon 1 sisään sijoitettu

Hydrodynaaminen neste 4 ja yksi tai useampia hydrodynaamisia laakereita, jotka muodostavat radiaalisen ja/tai työntötuennan pyörivän runko-osan 3 ja staattisen runko-osan 2 väliin.

Yleensä ainakin toinen kahdesta runko-osasta 2, 3 on irroitettavissa. Tavallisesti staattinen runko-osa 2 on aksiaalisesti halkaistu tai siinä on irroitettava päätyhattu, kuten kuvioissa 1A-1D on esitetty. Runkokotelon erotettavuus helpottaa laakerikomponenttien asentamista tiivistettyyn runkokoteloon. Kuten piirustuksista voidaan todeta, joissakin tapauksissa olisi mahdollista asentaa laakeria runkokoteloon ilman toisistaan erotettavia runko-osia. Toisaalta on toisinaan mahdollista käyttää kaksiosaista lukittuvaa runkokoteloä, kuten on esitetty kuvioissa 6A, 26A, 29C, 31B, 32C, 33D ja 37A.

Kuvioissa 1A-1D on esitetty erilaisia yhdistelmiä hydrodynaamisista laakereista, jotka on sijoitettu standardiin laakeripesä-rakenteeseen. Laakerit on esitetty kaaviomaisesti ja niille on annettu merkinnät TB tarkoittaen kantalaakereita (thrust bearings), RP tarkoittaen radiaalilaakereita (radial bearings) ja TR tarkoittaen yhdistettyjä radiaali- ja kantalaakereita. Näissä piirustuksissa esitetyllä tavalla voidaan muodostaa monia mahdollisia laakeriyhdistelmiä erilaisten tukitarpeiden tyydyttämiseksi. Laakeriyksikön parempi toiminta, erityisesti kantalaakereiden kyseessä ollen saadaan aikaan silloin, kun runkokotelossa ei ole lainkaan aksiaalista välystä. Tämän mukaisesti voidaan mukaan ottaa välikappaleet mahdollisen aksiaalisen väläksen poistamiseksi. Näissä kaaviomaisissa kuvioissa laakeriyksiköissä on myös välikappaleet S ja pidikkeet C laakereiden pitämiseksi oikeassa asemassa runkokoteloon nähden. Runko-osissa 2 ja 3 voi olla myös kierteitä, uria tai vastaavia komponenttiosien sijoittamiseksi kiinteästi paikalleen. Välikappaleet S voivat toimia myös työntö-, radiaali- tai yhdistettyinä työntö-radiaaliohjaimina, mikäli niissä on sellainen pinta, jota vasten tyyny pääsee

*kulkemaan.

Kuvioissa 1A-D on esitetty myös se, että tiivistetyn laakeri-yksikön rakenne voi olla modulierakenne. Erityisesti kuvioissa 1A-1D esitettyyn standardirunkoon tai -pesään voidaan sijoittaa monia erilaisia laakerijärjestelyjä. Käyttämällä standardirunkoa, erilaisia standardoituja hydrodynaamisia kanta-, radiaali- ja yhdistettyjä radiaali- ja kantalaakereita ja kiinnittimiä ja väliskeitä aksiaalisen välyksen poistamiseksi ja laakereiden pitämiseksi paikallaan saadaan aikaan erilaisia laakeriominaisuuksia. Väliskeisiin on muodostettu sileä pinta, jota vasten työntöosa pääsee kulkemaan.

Luonnollisesti tiettyä laakeria varten voidaan suunnitella tiivistetty laakeriyksikkö. Esimerkkejä erityisistä tiivisteistä laakerirakenteista on esitetty jäljempänä. Tällaisessa tapauksessa runkokotelo voidaan mitoittaa siten, että se tukee optimitavalla ympäröimäänsä laakeria. Tällöin saadaan normaalisti eliminoitua tarve käyttää väliskeitä ja kiinnikkeitä.

Erilaisia tiivisteitä voidaan käyttää piirustuksissa kohdassa 7 esitetyissä tiivistyskohdissa. Tiivisteet voivat olla mitä tahansa tunnettuja täytetiivisteitä, huulitiivisteitä, pinta-tiivisteitä, lehtitiivisteitä ja vastaavia.

Esillä olevan keksinnön mukaisesti voidaan käyttää myös ferrofluidista tai ferronestetiivistettä. Eräs esimerkki sopivasta ferronestetiivisterakenteesta on esitetty kuviossa 1E. Alusta lähtien on ymmärrettävä, että samanlaista tiivisterakennetta voidaan käyttää tiivisteinä 7 missä tahansa tässä esitetyssä nesteellä täytetyssä, tiivistetyssä hydrodynaamisessa laakeriyksikössä 1.

Kuten kuviossa 1E on esitetty, tiivistetyn laakeriyksikön rakenne ferronestetiivistettä käyttämällä on yleisesti ottaen

*sama kuin muiden tässä esitettyjen tiivistettyjen laakeriyksiköiden; siihen kuuluu runkokoteloon kiinnitetty staattinen runko-osa 2, akseliin 5 kiinnitetty pyörivä runko-osa 3, tiivistetyn runkokotelon sisään sijoitettu hydrodynaaminen neste 4, yksikön kumpaankin aksiaalisen päähän sijoitettu tiivisterakenne 7 ja hydrodynaaminen laakeri, joka tässä tapauksessa on radiaalilaakeri RB tuen aikaansaamiseksi pyörivän runko-osan 3 ja staattisen runko-osan 2 väliin. On todettava, että kuviossa 1E esitetyssä kuvassa hydrodynaaminen neste 4 täyttää radiaalilaakerin RB tukirakenteessa olevat tilat antaen laakerille epäjatkuvan ulkonäön.

Ferronestetiivisteen muodostamiseksi ferronestettä pitää lisätä rakoon ja magneettinen kenttä pitää muodostaa pyörivän runko-osan ja staattisen runko-osan välisen raon alueelle eronesteen sijoittamiseksi täsmällisesti. Nykyisin pidetään edullisena magneettikentän muodostamista sijoittamalla kestopagneetti tai sähkömagneetti joko pyörivään runko-osaan 3 tai staattiseen runko-osaan 2 raon alueelle. Esitetyssä suoritusmuodossa magneetti on sijoitettu staattisen runko-osan 2 radiaalisesti sisimpiin reunoihin. Magneetin pohjoisnapa N ja etelänapa S on järjestetty välimatkan päähän toisistaan siten, että pyörivän ja staattisen runko-osan välisen raon alueelle muodostuu magneettikenttä-ferronesteen sijoittamiseksi. Keksinnön mukaisesti tiivistetyssä runkokotelossa oleva hydrodynaaminen neste 4 on ferronestettä. Koska tiivistetty runkokotelo on täytetty ferronestellä, ferronesteen syöttö rakoon on helposti suoritettavissa. Kuten kuviossa 1E on esitetty, pieni määrä hydrodynaamista ferronestettä 4 virtaa rakoon ja magneettikentän vaikutuksen alaisena asettuu O-renkaan muotoon täyttäen raon kokonaan.

Magneettikentän vaikutuksen alainen ferronesterengas muodostaa hermeettisen sulun, joka mahdollistaa pyörivän runko-osan 3 pyörimisen staattisen runko-osan 2 suhteen ilman, että runko-

*kotelossa olevaa ferronestettä 4 vuotaa pois.

Voidaan helposti ymmärtää, että yllä kuvattu tiivistejärjestely tarjoaa etuja verrattuna elastomeeristen tiivistesten tapaisiin kiinteisiin kosketustiivisteisiin. Eräs merkittävä etu on luonnollisesti se, että kulumista ei tapahdu. Samoin, koska monien ferronesteiden pinnoitettujen magneettihiukkasten kantoaine on synteettinen voiteluaine, ferroneste toimii varsin hyvin hydrodynaamisena nesteenä. Voidaan siis todeta, että on olemassa monia mahdollisia käyttötarkoituksia ferronestetiivistysrakenteita käyttäville tiivistetyille laakeriyksiköille. Tässä mielessä voidaan jälleen todeta, että ferronestetiivisteitä voidaan käyttää tiivisteinä 7 missä tahansa tässä kuvatussa tiivistetyssä laakeriyksikössä 1.

Tässä yhteydessä on todettava, että kuvioissa 1A-1D esitetyn runkokotelon tietty muoto ei ole välttämätön. Kun runkokotelon tarkoituksena on esimerkiksi tukea ainoastaan radiaalilaakeria, sillä on luultavasti radiaalisesti pitkänomainen, suorakulmainen poikkileikkaus. Yleisesti ottaen käytettäisiin kuvioissa 1A-1D esitetyn kaltaista aksiaalista runkokoteloä silloin, kun laakerikotelon tarkoituksena on sulkea sisäänsä useita laakereita tai laakeriysikkö. Kun kyseessä ovat yksittäiset laakerit, runkokotelo olisi lyhyempi aksiaalisuunnassa. Yllä todetulla tavalla kotelon osat voidaan jakaa edelleen tarvittaessa osiksi halutun laakerirakenteen kokoamisen mahdollistamiseksi. Pyörivä kotelo- tai runko-osa voisi olla yksinkertaisesti sylinterimäinen holkki ja staattinen runko-osa voisi olla sylinterimäinen osa, jossa kuvioissa 1A-1D esitetyllä tavalla on yksi tai useampia päätyseiniä. Staattisessa rungossa 2 on irroitettava päätyseinä kokoamisen mahdollistamiseksi. Mahdollista on mm. käyttää myös kuviossa 6A esitettyä erästä toista kotelorakennetta, jossa tällä kertaa on yhteenlukittuva sylinterirakenne.

Vaihtoehtoisesti staattinen runko-osa voisi olla sylinterimäinen holkki ja pyörivä runko-osa voisi olla sisäholkki, jonka ulospäin työntyvät laipat tai päätyseinät on tiivistetty sylinterimäisen holkin sisäkehään. Lisäksi esittämättä jäte-tyllä tavalla voisi joko staattinen runko-osa tai pyörivä runko-osa olla keskeltä esiintyöntyvä laippa; tämä on erityisen edullinen muodostettaessa työntöohjainpinta. Luonnollisesti työntöohjainpinta voidaan muodostaa välikappaleilla, jotka on sovitettu kiinnikkeillä tai kiiloilla tartuntaan joko pyörivän pinnan tai staattisen runko-osan kanssa tai ruuvattu yhteen näistä pinnoista.

Voidaan siis todeta, että on olemassa monia tapoja muodostaa tiivistetty runkokotelo, joka sulkee sisäänsä yleisesti ottaen sylinterimäisen tilan ja jossa on kaksi osaa, jotka pääsevät pyörimään toistensa suhteen siten, että mahdollistetaan yhden tai useamman hydrodynaamisen laakerin asentaminen sylinterimäiseen tilaan. Tietyn runkorakenteen valinta riippuu runkokoteloon suljetun laakeriyksikön luonteesta ja ympäristöstä, jossa laakeria käytetään.

Hydrodynaamisen nesteen valinta riippuu käyttötarkoituksesta. Yleisesti ottaen tarkoituksenmukainen neste olisi kuitenkin moottori/värttinäöljy tai vaihteistoneste.

Tiettyjen laakereiden valinta riippuu myös käyttötarkoituksesta. Luonnollisesti voidaan käyttää tunnettuja hydrodynaamisia laakereita. Esillä olevan keksinnön avulla saadaan kuitenkin aikaan laakereita, jotka antavat entistä parempia tuloksia.

Tarkasteltaessa seuraavaksi kuvioita 2, 2A ja 3 voidaan todeta, että tyynyssä 12 on kaareva pinta 13, joka olennaisesti vastaa tyynyn tukeman (nestekalvon avulla) akselin ulkohalkaisijan sädettä tai kaarta ja kutakin tyynyä rajoittavat aksiaalisesti

ja radiaalisesti ulottuvat reunat. Aksiaalisesti ulottuvia reunoja ovat etu- ja takareunat. Palkki on esitetty sekä staattisessa asennossa (ehjät viivat) että taipuneessa asennossa (haamuviivat) kuviossa 3. Kuviossa 1 esitetyn tukirakenteen perusrakenne muodostetaan käyttämällä seinämän läpi ulottuvia pieniä rakoja tai uurtoja. Tyypillisesti näiden rakojen tai radiaalisten uurtojen leveys on välillä 0,002 - 0,125 tuumaa. Taipumisastetta voidaan vaihdella vaihtelemalla mm. uurtojen pituutta. Pidemmät uurrot antavat pidemmän vipuvarren, joka antaa suuremman taipuman. Lyhyemmät uurrot muodostavat palkkeja, joilla on pienempi joustavuus ja suurempi kuormankantokyky. Valittaessa uurron tai raon pituutta on huolehdittava resonanssin välttämisestä. Samoin tyynyn ja tukirakenteen (esitetyllä tavalla) tai tukirakenteen sisään voidaan sijoittaa pietsosähköinen elementti 100 tai jokin muu elin laakerin taipumisominaisuuksien muuttamiseksi väkisin. Mikäli mukana on pietsosähköinen elementti, on käytettävä johtimia, metallirainoja tai muita elimiä virran syöttämiseksi pietsosähköiseen elementtiin.

Sijoittamalla palkin 14 pää esitetyllä tavalla, taipuma alaspäin yhdyspisteen 16a ympäri aikaansaa tyynyn 12 takareunan 17 liikkeen sisäänpäin, etureunan 15 liikkeen ulospäin ja tyynyn 12 lievän litistymisen, kuten kuviossa 9 on katkoviivoin esitetty. Tämän taipumisen seurauksena tyynyn pinnan 13 ja akselin 5 ulkopinnan välinen rako, jonka läpi neste virtaa, muodostuu kiilan muotoiseksi aikaansaaden tunnetun hydrodynaamisen tukivaikutuksen. Ihanteellisessa tapauksessa takareunan ja akselin välisen etäisyyden ja etureunan ja akselin välisen etäisyyden suhde on välillä 1:2 - 1:5. Ts. etureunan ja akselin välisen etäisyyden tulisi olla 2 - 5 kertaa suurempi kuin takareunan ja akselin välinen etäisyys. Tämän ihanteellisen etäisyys- tai kiilasuhteen aikaansaamiseksi jotakin tiettyä käyttötarkoitusta silmälläpitäen on valittava sopivat taipuma-muuttajat, joita ovat elementtiyksiköiden lukumäärä, koko,

*sijainti, muoto ja materiaaliominaisuudet. Tietokoneavusteinen tarkka elementtianalyysi on osoittautunut kaikkein tehokkaimmaksi tavaksi optimoida nämä muuttujat. On myös todettava, että käsite "ihanteellinen kiila" riippuu halutuista suorituskäyttöominaisuuksista. Esimerkiksi ihanteellinen kiila kuormankantokyvyn maksimoimiseksi ei ole sama kuin ihanteellinen kiila kitkan aiheuttaman tehonkulutuksen minimoimiseksi. Tietokoneavusteinen analyysi on erityisen käyttökelpoinen esimerkiksi yllä kuvatun kaltaisessa laakerissa, joka sallii liikkeen kaikkiin kuuteen suuntaan (kuusiasteinen vapaus).

Vaikka tämä tekniikka on antanut erinomaisia tuloksia, on havaittu, että joissakin tapauksissa simuloituissa käyttöolosuhteissa optimisuorituskyvyn aikaansaamiseksi muotoiltu tai suunniteltu laakeri ei toimi parhaalla mahdollisella tavalla varsinaisissa käyttöolosuhteissa. Keksinnön mukaiset laakerit voidaan säätää havaittujen käyttöolosuhteiden mukaisesti mahdollisten vajaatoimintojen korjaamiseksi. Tarkemmin sanoen keksinnön mukaisiin laakereihin voi kuulua erillisiä elementtejä tukirakenteen kiilamuodon, tyynypinnan ja/tai taipumaominaisuuksien fyysiseksi muuttamiseksi. Erillisiä elementtejä voidaan ohjata keskuskäsittely-yksiköllä (CPU), joka puolestaan vastaanottaa kiilan laatua osoittavia signaaleja. Sensorit voivat esimerkiksi havaita fyysiset ominaisuudet, jollaisia ovat esimerkiksi lämpötila, akselin kosketus tyynyyn, vääntömomentti, melu, tehonkulutus jne. Sensoreista tulevat signaalit siirtyvät CPU:hun ja niitä verrataan kiilan optimimuodon osoittaviin olosuhteisiin. Kun varsinaisten havaittujen olosuhteiden ja kiilan optimilaadun osoittavien olosuhteiden välillä on huomattava poikkeama, CPU lähettää signaalin elimiin tukirakenteen kiilamuodon, tyynypinnan ja/tai taipumaominaisuuksien fyysiseksi säätämiseksi kiilan säätämiseksi pakottamalla siten, että saadaan aikaan kiilan optimimuotoutuminen. Vaihtoehtoisesti tai lisäksi CPU voi reagoida suoriin, käsin syötettyihin komentoihin, joita ovat esimerkiksi "lisää jäykkyyttä" tai

"nosta takareuna". Kun tällainen komento tulee, CPU suorittaa ennalta määrätyn ohjelman halutun tuloksen aikaansaamiseksi.

Erilaisia elimiä voidaan käyttää kiilan laadun fyysiseksi muuttamiseksi. Kiilan laatua voidaan muuttaa fyysisesti esimerkiksi pakottamalla hydraulista nestettä vaimennuskammioihin (selvitetään jäljempänä) laakerin tukirakenteen vaimennusominaisuuksien muuttamiseksi. Vaihtoehtoisesti voidaan tuoda mekaaninen sauva tai nostoruuvi kosketukseen tukirakenteen kanssa tukiruuvin taipumisominaisuuksien fyysiseksi muuttamiseksi. Kaikkia tällaisia elimiä voidaan ohjata sähköisesti.

Vaikka monia elimiä voidaan käyttää kiilan säätämiseksi fyysisesti havaittujen käyttöolosuhteiden mukaisesti, vaikuttaa tällä hetkellä siltä, että paras tällainen tapa on sijoittaa yksi tai useampia pietsosähköisiä elementtejä laakerin tukirakenteen väleihin tai tukirakenteen ja laakerityynyn väliin. Tällainen pietsosähköisten elementtien sijoittaminen mahdollistaa tyynyn muodon ja suuntauksen aktiivisen ohjauksen tai säädön ja vaikuttaa tukirakenteen taipumisominaisuuksiin. Tarkemmin sanoen on tunnettua, että sähkövirran käyttö tiettyihin kiteisiin ja keraamisiin materiaaleihin voi aikaansaada mekaanisia laajennusvoimia. Käytettäessä vaihtojännitettä tapahtuu kide- tai keraamiselle materiaalille paksuusvärähtelyjä. Kuitenkin käytettäessä jatkuvasti tasavirtaa, ei paksuuden muutos vaihtelee. Tiedetään siis, että tietyt materiaalit voivat muuttaa mittojaan joutuessaan jännitteen alaiseksi. Merkittäviä tällaisia materiaaleja ovat kvartsi, rochelle'n suola (kalium, natriumtartaradi), oikein polaroitu bariumtitanidi, ammoniumdivetyfosfaatti, tavallinen sokeri ja tietyt keraamiset aineet. Kaikista pietsosähköisen vaikutuksen omaavista materiaaleista ei yhdelläkään ole kaikkia haluttuja ominaisuuksia, jollaisia ovat esimerkiksi stabiilisuus, suuri teho, epäherkkyys äärimmäisille lämpötiloille ja kosteudelle ja kyky muotoutua mihin tahansa haluttuun muotoon. Rochelle'n

*suolalla saadaan suurin teho, mutta se vaatii suojausta kosteudelta ja ilmalta eikä sitä voida käyttää yli 45°C lämpötilassa. Kvartsi on epäilemättä kaikkein stabiilein, mutta sen teho on vähäinen. Stabiilisuudesta johtuen kvartsia käytetään varsin yleisesti stabilointiaineena elektronisissa värähtelijöissä. Kvartsi muokataan usein ohueksi levyksi, jonka jokainen vaihe on hopeoitu elektrodien kiinnittämiseksi. Levyn paksuus on hiottu sellaiseen mittaan, että saadaan mekaaninen resonanssitaajuus, joka vastaa haluttua sähköistä taajuutta. Tämä kide voidaan sen jälkeen sijoittaa taajuusohjauksilla varustettuun sopivaan elektronipiiriin.

Monet pietsosähköiset materiaalit esiintyvät yksittäisenä kiteenä, mutta sen sijaan bariumtitanadi on monikiteistä; se voidaan siis muokata eri kokoisiksi ja muotoisiksi. Pietsosähköistä vaikutusta ei esiinny, ennenkuin elementti saatetaan polarointikäsitteilyyn.

Pietsosähköiset elementit voidaan sijoittaa minkä tahansa keksinnön mukaisten hydrodynaamisten laakereiden rakoihin tai väleihin. Se, onko pietsosähköinen elementti sopivaa sijoittaa tukirakenteen sisään vai tukirakenteen ja laakerityynyn väliin, riippuu kuitenkin luonnollisesti tukirakenteen ja laakerityynyn välisestä etäisyydestä tai tukirakenteen sisässä olevista tiloista. Koska tämän jälkeen kuvatuissa laakereissa on monenlaisia välitiloja ja koska välitilan varsinainen koko riippuu laakerin koosta, laakerimuodon valinta jäljempänä selvitetyistä vaihtoehdoista käytettäväksi pietsosähköisesti ohjattuna laakerina riippuu mm. käytettävän laakerin halkaisijasta.

Suhteellisen suuressa laakerissa, jossa tukirakenteen aukot ovat suhteellisesti suuremmat, voidaan sopivasti käyttää laakeria, joka rakenteeltaan muistuttaa kuvioissa 2, 8, 25, 31 ja 37 esitettyjä laakereita. Toisaalta hyvin pienten laakerei-

den kohdalla, joissa välit tai tilat ovat suhteellisesti paljon pienempiä, on sopivampaa käyttää kuviossa 32 tai kuviossa 38 esitetyn kaltaista laakeria. Tässä yhteydessä tulisi pitää mielessä, että kun pietsosähköisen elementin koko on lähellä itse tukirakenne-elementtien kokoa, pietsosähköisen elementin vaikutus koko laakerirakenteeseen muuttuu suhteellisesti suuremmaksi. Normaaaleissa olosuhteissa pietsosähköisten elementtien tarkoituksena on ainoastaan aikaansaada pieniä muutoksia laakerin suorituskykyyn, koska jopa ilman pietsosähköistä elementtiä olevat laakerit toimivat lähes optimaalisesti. Tällöin siis pietsosähköisen elementin sijoittaminen siten, että se täyttää kuviossa 32 esitetyn laakerin tukirakenteessa olevan tilan, muuttaisi laakerin olennaisen luonteen hydrodynaamisesta laakerista pietsosähköisesti ohjatuksi laakeriksi. Joissakin tapauksissa tämä voi olla edullista.

Esimerkiksi kuvioissa 2 ja 2A esitettyyn laakeriin voi kuulua pietsosähköiset elementit 100, jotka on sijoitettu tukirakenteeseen ja tukirakenteen ja laakerityynyjen väliin. Sähköjohdot (ei esitetty) on liitetty kuhunkin pietsosähköiseen elementtiin. Virran syöttöä sähköjohtoihin ohjataan ohjausjärjestelmällä. Ohjausjärjestelmään kuuluu edullisesti keskuskäsittelyyksikkö (CPU), joka ohjaa kaikkia pietsosähköisiä elementtejä niiden signaalien mukaisesti, jotka saadaan sensoreista, jotka tarkkailevat hydrodynaamisen kiilan tilaa tai niitä ohjataan manuaalisesti syötettyjen signaalien mukaisesti.

Eräässä esimerkkiohjausjärjestelmässä, jolla ohjataan pietsosähköisiä elementtejä 18 keksinnön mukaisissa laakereissa, on CPU, joka vastaanottaa tulosignaaleja erilaisista sensoreista, jotka tarkkailevat hydrodynaamisen kiilan laatua osoittavia olosuhteita. CPU voi esimerkiksi vastaanottaa signaaleja lämpötila-anturista, meluanturista, akselin ja tyynyn kosketusanturista, tehonkulutusanturista, vääntömomentin antureista ja/tai rasitusantureista. Kustakin tällaisesta anturista tai

sensorista saatuja signaaleja verrataan sitten peräkkäisesti lukumuistiin (ROM) varastoituihin arvoihin, jotka osoittavat oikean kiilan muodostuksen. ROM voi sisältää varastoituja arvoja yhdelle tai useammalle halutulle kiilan muodolle, jollaisia ovat esimerkiksi "MAKSIMI KUORMANKANTOKYKY" tai "PIENI KITKA/PIENI TEHO". Kun todetaan, että havaitut olosuhteet menevät asiaankuuluvan alueen ulkopuolelle, voidaan suorittaa diagnoosianalyysi sopivan korjaustoimenpiteen määrittämiseksi. Tämän diagnoosianalyysin tuloksena voidaan suorittaa määrittely siitä, mikä, jos sitten mikään, pietsosähköisistä elementeistä tulee varata ja se määrä, johon ne tulee varata.

Kuvion 8 mukaiseen laakeriin voi kuulua pietsosähköisiä elementtejä 100 sijoitettuina valituille alueille hydrodynaamisen kiilan hienosäädön suorittamiseksi. Tässäkin tapauksessa kuhunkin pietsosähköiseen elementtiin on liitetty johdot (ei esitetty) ja pietsosähköisiin elementteihin menevää virtaa ohjataan yllä kuvattua tyyppiä olevalla ohjausjärjestelmän käsittely-yksiköllä.

Kuvion 25 mukaiseen laakeriin voi kuulua pietsosähköisiä elementtejä 100, jotka on sijoitettu tukirakenteen ja laakerityynyn 132 väliin laakerityynyn 132 alaspäin tapahtuvan taipuman määrän selektiiviseksi tarkaksi ohjaamiseksi. Tässä erityistapauksessa pietsosähköiset elementit 100 on sijoitettu samaan kohtaan kunkin laakerityynyn kohdalla siten, että pietsosähköisillä elementeillä on yksi toiminta ja se on laakerityynyjen alaspäin taipumisen ohjaaminen. Luonnollisesti mukaan voidaan ottaa lisää pietsosähköisiä elementtejä 100 eri kohtiin muita tarkoituksia varten, mikäli näin halutaan. Tälläkin kertaa pietsosähköisiin elementteihin 100 on liitetty johdot (ei esitetty) ja virran kulkua johtoihin ohjataan yllä kuvattun tyyppisellä keskuskäsittely-yksiköllä.

•Kuvion 31 mukaiseen laakeriin voi kuulua pietsosähköisiä elementtejä 18, jotka on sijoitettu valituille alueille kiilan selektiivisen säädön mahdollistamiseksi havaittujen käyttöolosuhteiden mukaisesti. Jälleen kerran pietsosähköisiin elementteihin 18 on liitetty johdot ja virran kulkua pietsosähköisiin elementteihin sähköjohtojen kautta ohjataan ohjausjärjestelmällä, joka voi olla yllä kuvattua tyyppiä. On myös todettava, että virran kulkua pietsosähköisiin elementteihin voidaan ohjata käsikäyttöisellä, sähköisellä ohjausjärjestelmällä. Näyttää kuitenkin siltä, että parempia tuloksia saavutetaan käyttämällä keskuskäsittely-yksikköä.

Kuvion 37 mukaiseen yhdistettyyn radiaali- ja kantalaakeriin voi kuulua pietsosähköistä materiaalia 100, joka on sijoitettu tukirakenteen ja laakerityynyn väliseen tilaan. Pietsosähköiseen materiaaliin 100 liitetyt sähköjohdot syöttävät virtaa selektiivisesti pietsosähköiseen materiaaliin aiheuttaen pietsosähköisten materiaalien mitoituksen muutoksen siten, että laakerin taipumisominaisuuksia voidaan ohjata. Virran kulkua johtoihin ja siis virran kulkua pietsosähköiseen materiaaliin ohjataan edullisesti keskuskäsittely-yksiköllä.

Samalla tavoin voi mihin tahansa keksinnön mukaisiin laakereihin kuulua yksi tai useampia pietsosähköisiä elementtejä laakerin taipumisominaisuuksien säätämiseksi.

Kuvioissa 4 ja 5 on esitetty toinen esimerkki keksinnön mukaisesta laakerista, jonka ominaispiirteiden mukaisesti laakeriin on muodostettu rakoja tai uurtoja ja uria laakeripesän tai -rungon 30 rajoittamiseksi laakerityynyllä 32, joka on tuettu rungosta tukirakenteella, johon kuuluu palkki ja siinä pari palkkiosia 34a, 34b, jotka ulottuvat olennaisesti yksiviivaisesti pois päin tyynystä. Lisäksi tyynyssä voi olla aliuurto siten, että palkit tukevat sitä vain tyynyn tukipinnasta 34ps. Tarkasteltaessa kuviota 5 voidaan todeta, että palkeissa 34,

34a on sopiva palkin jatkeapää 36, 36a, joka toimii palkin cantilever-tukena.

Kuviosta 4 selviää, että kuvion 5 mukainen perspektiivikuva esittää vain osan tyynystä 32. Koko tyyny on esitetty kuvioissa 5A ja 50, jotka esittävät kuviossa 4 esitettyjen laakereiden mahdollisia muunnosmuotoja. Kuten piirustuksista selviää, tyynyn tukipinta 34ps sijaitsee lähempänä takareunaa 37 kuin etureunaa 35. Kuviossa 7 esitetyllä tavalla tämä rakenne aikaansaa palkin kiertymisen siten, että se tapahtuu palkin keskiosassa ja aikaansaa esitetyn vääntymistaipuman. Pääasiallinen taipuisuus tai joustavuus saadaan jälleen aikaan pienillä uurroilla tai raoilla, jotka ulottuvat laakeripesän seinämän läpi. Nämä uurrot antavat laakerityynylle kuusiasteisen vapauden (eli tyyny pääsee siirtymään suuntiin $+X$, $-X$, $+Y$, $-Y$, $+z$ ja $-z$ sekä kiertymään x -, y - ja z -akseleiden ympäri) ja tyyny on muotoiltu hydrodynaamisen kiilanmuodostuksen optimoimiseksi. Mikäli uurrot tai raot päättyisivät ennen läpimenoaan palkkiosien 34a ja 34b muodostamiseksi, tyynyä 32 tukisi jatkuva sylinterimäinen kalvo tai membraani 34m, kuten kuviossa 5A on esitetty. Membraani toimii nestevaimentimena, jolle tyyny 32 on tuettu. Uurrot päättyisivät kuvion 4 kohdissa A ja kohdassa B. Membraanin joustavuus yhdistettynä voiteluaineneesteeseen aikaansaa elimen tai tavan vaihdella vaimennusvaiikutusta ja eristää tyyny runkokotelosta. Vaimennus tapahtuu ilmatyynyvaimennuksena ja tällöin saavutetaan hyvät vaimennusominaisuudet. Samoin kuin kuvioissa 1 - 3 esitetty laakeri, on kuvioissa 4 - 7 esitetty laakerikin epäsymmetrinen tyynynsä keskiviivan suhteen ja tästä syystä se on yksisuuntainen laakeri. Tämän mukaisesti laakerissa on etureuna 35, joka taipuu ulospäin ja takareuna 37, joka taipuu sisäänpäin muodostaen kiilan. Tässäkin tapauksessa takareunan ja akselin välisen tilan kiilasuhde etureunan ja akselin väliseen tilaan on edullisesti välillä 1:2 - 1:5. Lisäksi kuormituksen vaikutuspisteen sijainnin, joka kuormitus määrittellään pääasial-

Edullisesti palkin 34 tyynyn tukiosan 34ps sijaintikohdalla tyynyyn nähden, tulisi jälleen olla tyynyn pinnan kehäkeskustan ja takareunan välissä, edullisesti lähempänä tyynyn pinnan kehäkeskustaa.

Kuten kuviossa 5B on esitetty, palkki voidaan muodostaa yksinkertaisemmin kuin kuviossa 5 yksinkertaisesti jatkamalla uurtoja tai rakoja alaspäin pisteistä A ja B.

Kuviossa 6A on esitetty kuviossa 6 esitettyä tyyppiä oleva laakeri tiivistetyssä laakeriyksikössä. Kuten tässä on esitetty, laakeri on kiinnitetty staattiseen runko-osaan 2 tunnetulla tavalla, esimerkiksi kiilaurilla, kierteillä, kiinnikkeillä, liimauksella, hitsaamalla tai jollakin näiden yhdistelmällä. Laakerityyppi 32 on sovitettu tukemaan pyörivän runko-osan 3 pyörimispintaa. Pyörivä runko-osa 3 on pyörivästi kiinnitetty akseliin kiilaurilla, kierteillä, lämpökutistamalla tai vastaavasti. Laakeria ympäröi hydrodynaaminen neste 4 ja tiivisteet 7 tiivistävät staattisen 2 ja pyörivän 3 runko-osan toistensa suhteen. Kuten yllä selvitettiin, staattinen runko-osa 2 on kiinnitetty staattiseen akselikoteloon ja toimii sen osana ja pyörivä runko-osa 3 on kiinnitetty akseliin 5 ja toimii akselin 5 jatkeena. Kun siis akseli 5 pyörii, runko-osa 3 pyörii runko-osan 2 ja siihen kiinnitetyn laakerin suhteen. Tällä tavoin laakeri tukee akselia pyörivän runko-osan kautta.

Kuviossa 8 on esitetty kolmas esimerkki laakerista, jossa on keksinnön mukaiset ominaisuudet. Tässä esimerkissä on muodostettu sisäpuoliset raot tai uurrot palkin tai palkin tukirakenteen muodostamiseksi. Erityisesti voidaan todeta, että laakeriin on muodostettu uria ja rakoja tai uurtoja tyynyn 40 muodostamiseksi, jota tuetaan irti runkokotelosta palkeilla 42 ja 44. Tyyny on liitetty palkkeihin tukijatkeilla 40a ja 40b. Palkin kiinnitys runkokoteloon tapahtuu tukijatkeilla 46 ja 48. Tässäkin tapauksessa laakeri muodostuu ohuista uurroista tai

raoista, jotka on esitetyllä tavalla leikattu laakerin seinämän läpi. Uurto tai rako 60 laakeripinnan alapuolella lisää joustavuutta siten, että kuormituksen alaisena tyyny muuttaa muotoaan muodostaen kantopinnan voiteluaineen syöttöä varten. Kaksipisteisellä palkkituella oleva palkki saa siis aikaan sen, että tyyny toimii jousimaisena kalvona.

Esimerkki kuviossa 8 esitetystä laakerityypistä käytettynä yhdistettynä radiaali-kantayksikkönä on kuvattu seuraavaksi viittaamalla kuvioihin 43 ja 43A.

Kuviossa 10A on esitetty tyynyn 40 taipunut muoto kuormituksen alaisena. Kuten piirustuksissa on esitetty (liioiteltuna), tyyny voidaan muotoilla ja tukea siten, että se taipuu kantopinnan muotoon kuormituksen alaisena. Kantopinta parantaa ratkaisevasti suorituskykyä. Kuten piirustuksista selviää, tyyny pääsee siirtymään x-, y- ja z-suuntiin sekä kiertymään x-, y- ja z-akselien ympäri, eli tyynyllä on kuusiasteinen vapaus. Tässäkin tapauksessa rakenteella saavutetaan optimaalinen hydrodynaamisen kiilan muodostuminen.

Kuviossa 9 on esitetty pintatyynyn 50 paikallinen luontainen taipuma tyynyn litistyessä kuormituksen alaisena. Nämä taipumat yhdistyvät kuvioissa 3 ja 10 esitettyyn tukirakenteen taipumaan, mutta ne ovat suuruudeltaan vähäisempiä. Nettotulos on kuvioissa 3 ja 10 esitetty muoto, mutta pinnan kaarevuus on lievästi litistynyt.

Kuvioissa 31 ja 31A on esitetty eräs toinen esimerkki keksinnön mukaisesta akselin laakerista. Kuvioissa 31 ja 31A esitetty laakerirakenne eroaa aikaisemmin kuvatuista akselin laakerirakenteista siinä mielessä, että laakeri on kaksisuuntainen eli laakeri kykenee tukemaan akselia sen saattamiseksi pyörimään joko myötäpäivään tai vastapäivään kuviossa 31 nähtynä. Laakeri on kaksisuuntainen siitä syystä, että tyynyt ovat symmetriset

keskiviivansa suhteen, joka on määritelty radiaalisesti ulottuvaksi viivaksi, joka kulkee laakerin suuren akselin (606) ja tyynyn geometrisen keskipisteen kautta. Samalla tavoin kuin aikaisemmin kuvatut akselin laakerit, on myös kuvioiden 31 ja 31A mukaiseen laakeriin muodostettu useita ohuita säteittäisiä ja kehämäisiä rakoja useiden kehällä välimatkan päässä toisistaan olevien laakerityynyjen 632 muodostamiseksi.

Kunkin laakerityynyn 632 tukirakenne on jossain määrin samanlainen kuin kuviossa 8 esitetyn akselin laakerin tukirakenne. Erityisesti voidaan todeta, että kutakin laakerityynyä 632 tukee palkkitukirakenne kahdesta tyynyn tukipinnasta 632ps. Laakerityynyihin kummassakin tyynyn tukipinnassa 632ps liittyvä palkkiverkosto on identtinen muodostaen symmetrisen laakerirakenteen, joka tekee laakerin kaksisuuntaiseksi. Kuvauksen yksinkertaistamiseksi selostetaan ainoastaan laakeria yhdestä tyynypinnasta tukeva palkkiverkosto, koska toinen tyynyn tukipinta on tuettu samalla tavalla. Kuviossa 31 esitetyllä tavalla on siis ensimmäinen, yleisesti ottaen radiaalisesti ulottuva palkki 640 liitetty laakerityynyyn 632 tyynyn tukipinnassa 632ps. Toinen, yleisesti ottaen kehämäinen palkki 642 on liitetty palkin 640 radiaalisesti uloimpaan päähän. Kolmas, yleisesti ottaen radiaalinen palkki 644 ulottuu radiaalisesti tai säteittäisesti sisään päin palkista 642. Neljäs, yleisesti ottaen kehämäinen palkki 646 ulottuu palkin 644 radiaalisesti sisimmästä osasta. Viides, yleisesti ottaen radiaalinen palkki 648 ulottuu radiaalisesti ulospäin palkista 644 tukirakenteen runko-osaan. Yhteenvetona voidaan todeta, että kutakin laakerityynyä 632 ja kuviossa 31 esitettyä laakeria tukee kymmenen palkkia ja laakerin runkokotelo. Lisäksi, kun jäljempänä selvitettyllä tavalla tukirakenteen runko-osaan on muodostettu radiaalisesti ulottuvia, kehällä välimatkan päässä toisistaan olevia uria tai jatkuvasti ulottuvia kehäuria, tukirakenteen runko-osa voidaan suunnitella tai muotoilla toimimaan useina palkkeina tai kalvoina. Tässä yhteydessä tulisi huomata myös

se, että samalla tavoin kuin kuviossa 8, tyynyn pinnan alapuolelle muodostettu uurto tai rako aikaansaa lisäjoustavuutta siten, että kuormituksen alaisena tyyny muuttaa muotoaan muodostaen kantopinnan voiteluaineen syöttämiseksi. Päällekkäisten palkkien muodostaman kaksipistetuen seurauksena tyyny siis toimii jousimaisen kalvon tapaan.

Kuvio 31A on radiaalinen poikkileikkaus kuviosta 31 esittäen kolmannen palkin 644, laakerityynyn 632 ja runkokotelon.

Kuviossa 31B on esitetty kuvioissa 31 ja 31A esitetyn tyyppinen laakeri tiivistetyssä laakeriyksikössä. Kuten tässä on esitetty, laakerin ulkokehä on pyörivästi kiinnitetty staattiseen runko-osaan 2. Laakerityynyt 632 on sovitettu tukemaan pyörivän runko-osan 3 pyörimispintaa. Laakeria ympäröi hydrodynaaminen neste 4 ja tiivisteet 7 tiivistävät staattisen 2 ja pyörivän 3 runko-osan toistensa suhteen. Kuten yllä on esitetty, staattinen runko-osa 2 on kiinnitetty staattiseen akselin suojaputkeen ja toimii osana sitä ja pyörivä runko-osa 3 on kiinnitetty akseliin 5 ja toimii akselin 5 jatkeena. Kun siis akseli 5 pyörii, runko-osa 3 pyörii runko-osan 2 ja siihen kiinnitetyn laakerin suhteen. Tällä tavoin laakeri tukee pyörivää akselia pyörivän runko-osan välityksellä.

Kuvioissa 32, 32A ja 32B on esitetty eräs toinen esillä olevan keksinnön mukainen akselin laakerirakenne. Tämä laakerirakenne eroaa aikaisemmin kuvatuista laakerirakenteista siinä mielessä, että laakerityynyt ja tukirakenne muodostuvat suhteellisen suurista urista ja aukoista, jotka on muodostettu sylinterimäiseen aihioon. Normaalisti tällainen rakenne muodostettaisiin jyrsimällä aihio sen sijaan, että käytettäisiin sähköpurkauskoneistusta tai jotakin muuta vastaavaa tekniikkaa pienten urien muodostamiseksi aikaisemmin kuvattujen suoritusmuotojen tapaan. Eräs kuviossa 32 esitetyn laakerirakenteen etu on se, että erittäin pieniä laakereita vaativissa käyttötarkoituk-

sissa on helpompi muodostaa täsmällisesti suhteellisesti suuremmat uurrot ja aukot, joita tarvitaan kuvioissa 32, 32A ja 32B esitetyn tyyppisen laakerin muodostamiseksi verrattuna suhteellisesti pienempiin uurtoihin ja aukkoihin, joita vaatii esimerkiksi kuvioden 1 ja 8 mukainen rakenne. Lisäksi suuret urat tai aukot ovat yleisesti ottaen helpompia valaa tai suulakepuristaa. Suurempien uurtujen muodostamia laakereita voidaan käyttää myös käyttötarkoituksissa, joissa tarvitaan erittäin suuria laakereita, joissa on jäykät laakerityynyn tukipinnat.

Kuviossa 32 esitetyt laakerityynyt ovat symmetrisiä niiden tyynyn keskiviivan 706a suhteen. Laakeri on siis kaksisuuntainen. Kuten kuvion 32B perspektiivikuvassa on parhaiten esitetty, laakerin poikkileikkaus on lisäksi jatkuva eikä siinä ole piiloaukkoja. Se on siis helppo suulakepuristaa ja valaa muottiin. Luonnollisesti tukirakennetta voidaan muuttaa muodostamalla poikkileikkaukseen katkoksia esimerkiksi muodostamalla radiaalisesti ulottuvia kehäuria tai epäsymmetrisesti sijoitettuja, radiaalisesti ulottuvia aukkoja tukirakenteen muuttamiseksi ja siis suorituskykyominaisuuksien muuttamiseksi. Laakerin suuri akseli on 706.

Kuten kuviossa 32 on esitetty, laakeriin kuuluu useita kehällä välimatkan päässä toisistaan olevia laakerityynyjä 732. Kutakin laakerityynyä 732 tukee tukirakenne, jossa on pari yleisesti ottaen radiaalisia palkkeja 740, jotka on liitetty laakerityynyn 732 tyynyn tukipinnassa. Toinen, yleisesti ottaen kehämäisesti ulottuva palkki 742 tukee kumpaakin palkkia 740. Palkit 742 on liitetty runkokoteloon tai tukijatkeisiin 744 cantilever-tyyppisesti. Tässä laakerissa palkkeja 740 voidaan pitää primäärisenä tukirakenteena; palkkeja 742 voidaan pitää sekundäärisenä tukirakenteena; ja palkkeja 744 voidaan pitää tertiäärisenä tukirakenteena.

Kuviossa 32 esitetyt toiset palkit 742 on muodostettu järjestämällä useita aksiaalisesti ulottuvia kehäuria 750 tukirakenteen runkoon. Kaksisuuntaisen laakerin symmetrian säilyttämiseksi nämä urat ovat kehällä välimatkan päässä toisistaan tyynyn keskiviivojen 706a suhteen samalla tavalla kuin laakerityynyjen 732 kehällä oleva välimatka. Luonnollisesti samanlaisia kehällä välimatkan päässä toisistaan olevia radiaalisia uria voitaisiin muodostaa mihin tahansa aikaisempaan laakerirakenteeseen. Yllä esitetyllä tavalla tällaisia uria voitaisiin esimerkiksi muodostaa kuvioissa 31 ja 31A esitetyn laakerirakenteen kehälle palkkimaisen lisätuen aikaansaamiseksi.

Kuvio 32A on radiaalinen poikkileikkaus kuviossa 32 esitetyn laakerin osasta. Tässä poikkileikkauksessa on esitetty laakerityyny 732 ja ensimmäinen palkki 740.

Kuvio 32B on perspektiivikuva kuvion 32 mukaisesta laakerista. Tässä voidaan todeta, että vaikka laakerin reuna-, kehä- ja sylinteriosat on esitetty jonkin verran toisistaan erotettuina kaarevuuden korostamiseksi, nämä kaarevat pinnat ovat itse asiassa jatkuvasti kaarevia.

Kuviossa 32C on esitetty kuvioissa 32, 32A ja 32B kuvattu laakerityyppi tiivistetyssä laakeriyksikössä. Tässä esitetyllä tavalla laakerin tukijatkeet 74 on pyörivästi kiinnitetty staattiseen runko-osaan 2. Laakerityyny 732 on sovitettu tukemaan pyörivän runko-osan 3 pyörimispintaa. Laakeria ympäröi hydrodynaaminen neste 4 ja tiivisteet 7 tiivistävät staattisen 2 ja pyörivän 3 runko-osan toistensa suhteen. Yllä kuvatulla tavalla staattinen runko-osa 2 on kiinnitetty staattiseen akselin suojaputkeen ja toimii osana sitä ja pyörivä runko-osa 3 on kiinnitetty akseliin 5 ja toimii akselin 5 jatkeena. Kun siis akseli 5 pyörii, runko-osa 3 pyörii runko-osan 2 ja siihen kiinnitetyn laakerin suhteen.

Kuviossa 33 on esitetty keksinnön mukainen akselin laakerirakenne. Samalla tavoin kuin kuvion 32 mukainen laakeri, on kuvion 33 mukainen laakeri muodostettu suhteellisen suurilla urilla ja porauksilla. Tarkemmin sanoen useat yhtä kaukana toisistaan olevat, radiaalisesti ulottuvat kehäurat muodostavat useita kehällä välimatkan päässä toisistaan olevia laakerityynyjä 832. Lisäksi on muodostettu laakerityynyt 032 parilla aksiaalisesti ulottuvia kehäuria, jotka ulottuvat symmetrisesti sylinterimäisen aihion tasopinnoista ja on parhaiten esitetty kuvioissa 33B ja 336, joissa urat on esitetty viitenumeroilla 834 ja 835. Laakerin tukirakenne on muodostettu yllä mainituilla rakenteellisilla yksityiskohdilla ja useilla kehällä välimatkan päässä toisistaan olevilla, symmetrisesti sijoitetuilla matalilla porauksilla 838 ja useilla kehällä välimatkan päässä toisistaan olevilla, symmetrisesti sijoitetuilla syvillä porauksilla 837. Johtuen "piilossa olevien" porausten 837, 838 läsnäolosta, ei kuvion 33 mukainen laakerirakenne ole suulakepuristettavissa eikä muotittiin puristettavissa yksinkertaisella kaksiosaisella muotilla, eli se ei ole helposti muotittiin puristettavissa.

Kuten kuviossa 33A on parhaiten esitetty, syvät poraukset 837 leikkaavat aksiaaliset urat 836 muodostaen siten tukirakenteita kullekin laakerityynylle. Tukirakennetta rajoittaa lisäksi kehäura 839, joka ulottuu sylinterimäisen aihion ulkokehältä.

Tarkastelemalla kuvioita 33 - 33C voidaan todeta, että yllä kuvattujen kaltaisten rakenneosien mukaanotto aikaansaa laakerityynyn 832 tukirakenteen, johon kuuluu välittömästi tyynyä tukeva palkki 840, eli kyseessä on primäärinen tukirakenne. Kaksi jatkuvaa palkkia 882, eli tertiäärinen tukirakenne ja sekundäärinen tukirakenne muodostuvat useista palkeista, jotka muodostuvat osittain porauksista 837 ja 838 yhdistäen palkin 840 jatkuviin palkkeihin 882.

Koska kuvioissa 33 - 33C esitetty laakerin tukirakenne on epäsymmetrinen suuresta akselistä 806 ulottuvan tyyny keski-viivan 806a suhteen, kyseessä on yksisuuntainen laakeri. Kuvion 32 mukaisen laakerin tapaan tämä laakeri sopii lisäksi erityisen hyvin sellaisiin käyttötarkoituksiin, joissa tarvitaan erittäin pieniä laakereita, koska tämän laakerin ja sen tukirakenteen muodostavat suhteellisen suuret urat ja poraukset ovat helpommin valmistettävissä.

Kuviossa 33D on esitetty kuvioissa 33 ja 33C kuvatun kaltainen laakeri tiivistetyssä laakeriyksikössä. Kuten tässä on esitetty, laakerin jatkuvat palkit 882 on kiinnitetty staattiseen runko-osaan 2. Laakerityynty 832 on sovitettu tukemaan pyörivän runko-osan 3 pyörimispintaa. Laakeria ympäröi hydrodynaaminen neste 4 ja tiivisteet 7 tiivistävät staattisen 2 ja pyörivän 3 runko-osan toistensa suhteen. Yllä kuvatulla tavalla staattinen runko-osa 2 on kiinnitetty staattiseen akselin suojaputkeen ja toimii osana sitä ja pyörivä runko-osa 3 on kiinnitetty akseliin 5 ja toimii akselin 5 jatkeena. Kun siis akseli 5 pyörii, runko-osa 3 pyörii runko-osan 2 ja siihen kiinnitetyn laakerin suhteen. Tällä tavalla laakeri tukee akselia pyörivästi pyörivän runko-osan 3 välityksellä.

Kuvioissa 34 ja 34A-34D on esitetty eräs toinen keksinnön mukainen akselin laakerirakenne. Kuvion 34 mukainen laakerirakenne on samanlainen kuin kuviossa 33 esitetty siinä mielessä, että laakerityynty ja niiden tukirakenteet muodostuvat suhteellisen suurista urista ja porauksista, kuten piirustuksissa on esitetty. Laakerityynyjen 932 tukirakenne on samanlainen kuin laakerityynyjen 832 tukirakenne. Erityisesti voidaan todeta, että vaikka kunkin laakerityynyn 932 tukirakenne on identtinen, tukirakenne ei ole symmetrinen kunkin laakerityynyn suhteen. Tällöin siis kuviossa 34 esitetty laakeri on yksisuuntainen. Lisäksi, koska tukirakenteeseen kuuluu "piilossa olevia" aukkoja, laakeri ei ole suulakepu-

ristettävissä eikä valettavissa yksinkertaiseen kaksiosaiseen muottiin.

Piirustuksissa esitetyllä tavalla laakerin tukirakenteeseen kuuluu primäärinen tukirakenne, jossa on pari palkkimaisia osia 940, jotka on yhdistetty laakerityynyihin 932 ja jotka osittain muodostuvat symmetrisesti sijoitetuista aukoista 942. Laakerin ulkoreunaan muodostettu matala kehäura muodostaa tertiäärisen tukirakenteen, joka käsittää parin jatkuvia palkkimaisia elementtejä 982. Sekundääriseen tukirakenteeseen kuuluu palkki- ja kalvoverkko 960 palkkien 940 yhdistämiseksi jatkuviin palkkeihin 982 ja tämä tukirakenne muodostetaan järjestämällä mukaan useita suuria symmetrisesti sijoitettuja porauksia 944, pienempiä symmetrisesti sijoitettuja porauksia 946 ja pieniä epäsymmetrisesti sijoitettuja porauksia 948. Ottamalla mukaan epäsymmetrisesti sijoitetut poraukset 948 saadaan tukirakenteesta joustavampi, joka siis taipuu näiden porausten suuntaan.

Kuvioissa 15 - 18 on esitetty keksinnön mukainen yhtenäinen hydrodynaaminen kantalaakeri. Kuten aikaisemmin todettiin, keksinnön mukaisissa kanta- tai painelaakereissa on joitakin samoja ominaisuuksia ja tunnusmerkkejä kuin keksinnön mukaisissa akselin laakereissa. Esimerkkinä voidaan todeta, että akselin laakereiden tapaan keksinnön mukaisten kantolaakereiden suuri akseli määritellään sen aihion keskiakselina, josta laakeri muodostetaan. Samoin laakerityynyissä on kehämäinen keskiviiva, joka ulottuu radiaalisesti suuresta akselistatyynyn geometrisen keskipisteen kautta. Kun kantalaakeri on symmetrinen kehämäisen keskiviivansa suhteen, se on kaksisuuntainen; kun laakeri on epäsymmetrinen kehämäisen keskiviivansa suhteen, se on yksisuuntainen. Erilaisesta toimintatarkoituksesta johtuen kantalaakereilla on kuitenkin hieman erilainen rakenne. Esimerkiksi kuvioissa 15 - 18 esitettyyn kantalaakeriin kuuluu useita rakenteeltaan olennaisesti samanlaisia laakerityynyjä 132. Kuviossa 18 on esitetty laa-

kerityynyn 132 kehämäinen jakoviiva CDL ja radiaalinen jakoviiva RDL. Laakerityynyjen 132 laakerityynypinnat ovat tasossa, joka on olennaisesti poikittainen tuettavan akselin ajateltuun akseliin ja laakerin suureen akseliin nähden. Luonnollisesti, kun tyynypinnat taipuvat kuormituksen alaisina tai mikäli laakeri halutaan saattaa hieman vinoon siten, että se koskettaa asennetussa tai staattisessa tilassa olevaa akselia, laakerityynyjen pinta voi olla jonkin verran tasomaisesta poikkeava ja jonkin verran vinossa suureen akseliin tai tuettavan akselin ajateltuun akseliin nähden.

Eräs erityisen tärkeä näkökohta keksinnön mukaisten kantalaakereiden rakenteessa on nestevuodon estäminen. Suuressa määrin tämä tarkoitus saavutetaan muotoilemalla tukirakenteet siten, että kuormituksen alaisena laakerityynyjen sisäreuna taipuu alaspäin (nähtynä kuviossa 16) ja ulkoreuna taipuu ylöspäin. Kaikki tässä kuvatut kantalaakerit on rakennettu tällä tavoin. Esimerkiksi kuviossa 16 esitetyssä laakerissa palkki 134 on yhdistetty tyynyn 132 tyynyn tukipinnassa 134ps, joka on lähempänä laakerityynyn ulkoreunaa kuin laakerityynyn sisäreunaa. Tyynyn tukipinta 134ps sijaitsee siis radiaalisesti kuviossa 18 esitetyn radiaalisen jakoviivan RDL ulkopuolella. Laakeri on siis rakenteeltaan sellainen, että kuormituksen alaisena laakerin sisäreuna taipuu alaspäin.

Kuten yllä todettiin, tyynyn muotoa ja/tai taipumisominaisuuksia voidaan väkisin muuttaa. Voidaan esimerkiksi käyttää pietsosähköisiä elementtejä laakerin muodon ja taipumisominaisuuksien muuttamiseksi pakonomaisesti. Kun kyseessä on kantalaakeri, pietsosähköisiä elementtejä voidaan käyttää laakerityynyjen alaspäin tapahtuvan taipumisen aiheuttamiseksi. Haluttaessa pietsosähköisen elementin tuki (ei esitetty) voidaan sijoittaa tukirakenteen sisään.

Käytössä laakerityynyn sisäreunan alaspäin tapahtuva taipuma

vastaa laakerityynyn ulkoreunan tuetusta akselistä pois päin ja ylöspäin tapahtuvaa taipumaa ja vastaa taipumaa akselia kohti. Laakerityynyn taipuman suuntaus estää nestehäviön, joka muuten tapahtuu nesteeseen vaikuttavien keskipakoisvoimien vaikutuksesta.

Hydrodynaamisen nesteen häviötä voidaan lisäksi vähentää tukemalla laakerityyny siten, että kuormituksen alaisena laakerityyny deformatuu muodostaen voiteluaineen säilytys-taskun. Yleisesti ottaen tällainen tuki aikaansaadaan tukemalla laakerityyny useilla radiaalisesti tai kehällä välimatkan päässä toisistaan olevilla palkeilla ja palkkien välistä aluetta ei suoraan tueta, jolloin tyynyn tukematon keskiosa pyrkii deformatumaan ulospäin nesteen säilytyskanavan muodostamiseksi. Jäljempänä selvitettävässä kuviossa 29 on esitetty esimerkki laakerista, jossa on tarvittavat radiaalisen välimatkan päässä toisistaan olevat palkit. Suurempi tasku saadaan muodostetuksi, kun palkit on sijoitettu kauemmaksi toisistaan. Samalla tavoin voidaan akselin laakeriin muodostaa kanava järjestämällä mukaan aksiaalisesti tai kehämäisesti välimatkan päässä toisistaan olevia palkkitukia ja tukien väliin tukematon alue. Myös pietsosähköisiä elementtejä tai muita erillisiä elimiä voidaan käyttää nesteen säilytystaskujen muodostamiseksi tai niiden muodostumisen edistämiseksi.

Kuten kuvioissa 15 ja 16 on parhaiten esitetty, kussakin laakerityynyssä on sen koko kehää ympäröivä viiste tai särmätty reuna 132b. Viisteen tarkoituksena on vähentää tulevan ja poistuvan voiteluaineen häviöitä.

Kutakin laakerityynyä 132 tukee primäärinen tukiosa, johon esitetyssä suoritusmuodossa kuuluu palkkimainen tukiosa 134, joka tukee tyynyä laakerityynyn tukipinnasta 134ps. Kutakin palkkia 134 puolestaan tukee sekundäärinen tukiosa, esimerkiksi palkin tukema palkki tai kalvo 136. Palkkia tai kalvoa 136

tukee puolestaan tertiäärinen tukiosa, esimerkiksi pari palkkimaisia jalkoja 138a, 138b.

Muodostamalla reikiä tai aukkoja 142 palkki- tai kalvo-osaan 136 saadaan jatkuva kalvo 136 muodostetuksi palkkisarjaksi 136. Luonnollisesti, mikäli kalvoon 136 ei muodosteta reikiä tai aukkoja 142, kalvo toimii jatkuvana kalvona. Vaihtoehtoisesti sisempi palkkimainen jalka 138a voidaan korvata lyhyillä tappi-maisilla palkeilla tai jopa jättää kokonaan pois tertiäärisen tuen muodostamiseksi siten, että sekundääristä tukea kannatetaan cantilever-tapaan. Lopuksi, koska reiät ja aukot ovat symmetrisesti suuren akselin suhteen, laakeri on symmetrinen suuren akselin suhteen ja tästä syystä kaksisuuntainen.

Kuten kuviossa 15, 17 ja 18 on esitetty, jatkuvan kalvon erillisiksi palkeiksi jakavat reiät tai aukot 142 ovat pyöreitä. Pyöreiden aukkojen käyttö helpottaa laakerin prototyypin valmistusta, koska pyöreät aukot voidaan helposti porata laakerimateriaaliin. Tämä pitää paikkansa kaikkien tässä kuvattujen laakereiden kohdalla. Heti, kun tällaiset pyöreät aukot on muodostettu, voi olla myös edullista ulottaa aukot palkki- tai kalvo-osan 136 ohi laakerityynyjen 132 alaosaan palkkimaisten osien 134 muodostamiseksi. Tästä syystä kuviossa 15 tyynyn tukipinnan 134ps ja tästä syystä palkin 134 sivuseinämiä poikkileikkaus on ulkonäöltään kaareva.

Vaikka valmistusnäkökohdat saattavat määrätä palkkiosien muodon, muoto vaikuttaa myös yksittäisten laakereiden suorituskykyyn. Vaikka siis tässä kuvattujen laakereiden tietty muoto, mukaanluettuna kuvioissa 15 - 18 esitetyt kantalaakerit, liittyy pääasiallisesti prototyypin valmistuksen helppouteen, on sen havaittu antavan myös erinomaisia tuloksia varsinaisessa käytössä. Mahdolliset muodonmuutokset vaikuttaisivat luonnollisesti laakerin suorituskykyominaisuuksiin muuttamalla esimerkiksi laakerityynyä tukevien palkkien taipumis- tai

kiertymisominaisuuksia. Vaikka siis muunkin muotoiset palkit, tyynyt ja kalvot ovat varmasti mahdollisia, on otettava huomioon sekä palkkityynyn tai kalvon muodon valmistuksen helppous että vaikutus laakerin suorituskykyyn.

Kuviossa 15A on esitetty kaksi kuvioissa 15 - 18 kuvattua laakerityyppiä tiivistetyssä laakeriyksikössä. Tässä esitetyllä tavalla laakereiden palkkimaiset jalat 138 on kiinnitetty staattiseen runko-osaan 2. Pyörivään runko-osaan 3 kuuluu työntöjohdin 3R, joka on muodostettu integraalisesti sen kanssa tai liitetty siihen pyörivästi kiilaurilla, kierteillä tai vastaavilla. Laakerityyppä on sovitettu tukemaan runko-osan 3 pyörivän työntöjohteen 3R vastakkaisia pintoja. Laakereita ympäröi hydrodynaaminen neste 4 ja tiivisteet 7 tiivistävät staattisen 2 ja pyörivän 3 runko-osan toistensa suhteen. Yllä kuvatulla tavalla staattinen runko-osa 2 on kiinnitetty staattiseen akselin suojaputkeen ja toimii sen osana ja pyörivä runko-osa 3 on kiinnitetty akseliin 5 ja toimii akselin 5 jatkeena. Kun siis akseli 5 pyörii, runko-osa 3 pyörii runko-osan 2 ja siihen kiinnitettyjen laakereiden suhteen. Tällä tavoin laakerit absorboivat työntökuormituksia, jotka vaikuttavat akseliin akselin johtimen kautta. Luonnollisesti on mahdollista sulkea runkokoteloon yksittäinen kantalaakeri, mikäli kanta- tai työntötuki yhteen suuntaan riittää.

Esimerkkejä muista kantalaakereiden muodoista on esitetty kuvioissa 21 - 30 ja 38 - 39. Näiden laakereiden ja kuvioissa 15 - 18 esitetyn laakerirakenteen välinen ero on pääasiallisesti primäärisen tukiosan, sekundäärisen tukiosan ja tertiäärisen tukiosan erilaisissa rakenteissa.

Eräs tällainen toinen laakerin muoto on esitetty kuvioissa 21 - 24. Laakeri on esitetty ylhäältäpäin kuviossa 21; laakerin poikkileikkaus on esitetty kuviossa 22; laakeri on esitetty alhaaltapäin kuviossa 23 ja laakerin perspektiivikuva on

esitetty kuviossa 24. Kuvioissa 21 - 24 esitetty laakeri on samanlainen kuin kuvioiden 15 - 18 mukainen laakeri lukuunottamatta kahta merkittävää eroa. Ensinnäkin kuvioiden 21 - 24 mukaiseen laakeriin kuuluu kulmittain oleva tai viisto tukipalkki 134a eikä kuvion 15 tapainen pystysuuntainen tukipalkki. Toiseksi laakerissa on lisäreikiä 144, jotka ulottuvat tukipalkin 136 läpi muodostaen sylinterimäisen aukon viiston tai kulmittaisen palkin 134 läpi siten, että tukipalkkiin muodostuu elliptisiä aukkoja. Elliptiset aukot jakavat palkin pariksi monimutkaisia siteitä, joiden muoto voidaan todeta tarkastelemalla kuviossa 24 esitettyä perspektiivikuvaa. Aukkojen 144 mukaanotto ja siitä seuraava viistojen tai kulmittaisten palkkien 134a jako monimutkaisiksi siteiksi lisää merkittävästi kuvioissa 21 - 24 esitetyn laakerin tukirakenteen joustavuutta verrattuna kuvioissa 15 - 18 esitettyihin laakereihin. Tällöin kuvioiden 21 - 24 mukaisen laakerin tyynyt 132 taipuvat muodostaen hydrodynaamisen kiilan kevyemmän kuormituksen vaikutuksesta kuin mitä tapahtuu kuvioissa 15 - 18 esitetyn laakerin tyynyjen 132 kohdalla. Tästä seuraa se, että kuvioissa 21 - 24 esitetty laakeri sopii paremmin tukemaan kevyitä kuormituksia ja kuvioissa 15 - 18 esitetty laakeri sopii paremmin kantamaan raskaampia kuormia. Lisäksi palkin 134a tapaisten kulmittaisten tai viistojen tukipalkkien mukaanotto käyttämällä tai käyttämättä aukkoja palkin jakamiseksi monimutkaisiksi siteiksi parantaa tyynyn joustavuutta pystysuuntaan, koska pystysuuntaisesti vaikuttava kuorma muodostaa momentin, joka pyrkii saattamaan palkin taipumaan kohti laakerin keskustaa tai sisähaluaisijaa ja sillä tavalla eliminoimaan voitelunesteen keskipoisvuodon.

Kuviossa 23A on esitetty alhaaltapäin kuvioiden 21 - 24 mukainen laakerityyppi, jossa kalvoon tai tukipalkkiin 136 on muodostettu lisäreikiä 146 palkin tai kalvon 136 joustavuuden lisäämiseksi edelleen. Kuten kuviossa 23A on esitetty, reiät 146 on muodostettu epäsymmetrisesti kunkin laakerisegmentin

suhteen. Näiden reikien järjestäminen tällä epäsymmetrisellä tavalla aikaansaa laakerin, jossa tyynyt pyrkivät taipumaan helpommin toiseen kuin toiseen suuntaan. Ts. laakerityynyt taipuvat toiseen suuntaan muodostamalla epäsymmetrisiä aukkoja tukirakenteeseen. Luonnollisesti tällaisia epäsymmetrisesti sijoitettuja aukkoja voidaan järjestää mihin tahansa keksinnön mukaiseen laakerirakenteeseen, jossa halutaan taivuttaa laakerityynyjä yhteen suuntaan. Voi olla jopa edullista muodostaa epäsymmetrisesti sijoitettuja aukkoja tai reikiä siten, että vain valitut laakerityynyt taipuvat.

Kuvio 25 on poikkileikkauskuva eräästä toisesta keksinnön mukaisesta laakerista. Tämän rakenteen mukaisesti laakerityyny 132 on tuettu tyynyn tukijatkeelle 1345, joka on puolestaan tuettu vaakasuuntaiselle palkkiosalle 134H ja tämä on puolestaan tuettu käänteiskulmittaiselle palkkiosalle 134I. Muissa suhteissa rakenne on samanlainen kuin aikaisemmin kuvatut laakerit. Tämän rakenteen ansiosta laakerilla on runsaasti joustavuutta toiseen suuntaan, mutta se on erittäin jäykkä vastakkaiseen suuntaan. Pietsosähköinen elementti 100 voidaan sijoittaa esitetyllä tavalla vaakasuuntaisen palkkiosan ja tyynyn väliin.

Samanlainen rakenne on esitetty kuviossa 26. Kuviossa 26 esitetyn laakerin ja kuviossa 25 esitetyn laakerin välinen ero on se, että kuviossa 26 esitetty laakeri käyttää pystysuuntaista palkkiosaa 134V eikä käänteiskulmitettua palkkiosaa 134I. Kaikissa muissa suhteissa laakerit ovat samanlaiset. Kulmittaisen palkin poissaolo kuvion 26 mukaisesta laakerista pyrkii antamaan laakerille enemmän jäykkyyttä pystysuunnassa.

Kuviossa 26A on esitetty kuviossa 26 esitettyä tyyppiä oleva laakeri tiivistetyssä laakeriyksikössä. Tässä esitetyllä tavalla laakerin kehällä olevat jalat tai palkit on kiinnitetty staattiseen runko-osaan 2. Laakerityynyt on sovitettu tukemaan

pyörivän runko-osan 3 pyörimispintaa. Laakeria ympäröi hydrodynaaminen neste 4 ja tiivisteet 7 tiivistävät staattisen 2 ja pyörivän 3 runko-osan toistensa suhteen. Yllä kuvatulla tavalla staattinen runko-osa 2 on kiinnitetty staattiseen akselin suojaputkeen ja toimii sen osana ja pyörivä runko-osa 3 on kiinnitetty akseliin 5 ja toimii akselin 5 jatkeena. Kun siis akseli 5 pyörii, runko-osa 3 pyörii runko-osan 2 ja siihen kiinnitetyn laakerin suhteen. Tällä tavoin laakeri muodostaa työntötuen akselille pyörivän runko-osan 3 välityksellä.

Kuvioissa 27 - 28 on esitetty keksinnön mukaisen laakerirakenteen eräs toinen suoritusmuoto.

Kuten piirustuksissa on esitetty, tähän laakeriin kuuluu useita laakerityynyjä 321 - 326 (esitetty haamuviivoina kuviossa 28). Kukin laakerityyny 321 - 326 on tuettu laakerin tukirakenteen tyynyn tukipinnalle 342. Laakerin tukirakenteeseen kuuluu primäärinen tukiosa, jonka muodostaa pari sisäkkäisiä katkaistuja kappaleita, jotka on tuettu sekundääriselle tukiosalle, johon puolestaan kuuluu halkaistu kehäkalvo 360, joka on tuettu tertiääriselle tukiosalle jälkimmäisen käsittäessä parin kehäpalkkeja 380 ja 382. Kehäpalkit 380 ja 382 ovat samanlaisia kuin aikaisemmin kuvatuissa rakenteissa. Kalvo 360 eroaa aikaisemmin kuvattujen rakenteiden kalvosta siinä mielessä, että kalvo 360 on säteittäisesti halkaistu uralla, joka on muodostettu sisäkkäiset katkaistut kappaleet muodostavan laakerin tukirakenteen pohjaan. Sisempi katkaistu kappale on käänteinen uloimpaan katkaistuun kappaleeseen nähden siten, että katkaistujen kappaleiden keskiviivat yhtyvät kohdassa 350 tyynyn tukipinnan 342 yläpuolella ja niiden poikkileikkaus näyttää samanlaiselta kuin käänteinen V. Koska katkaistujen kappaleiden keskiviivat leikkaavat toisensa kohdassa 350 tyynyn pinnan yläpuolella, primäärinen tukirakenne tukee laakerityynyä siten, että se pääsee kiertymään tyynypinnan yläpuolella olevan pisteen ympäri. Tämä varmistaa oikean taipuman.

Laakerityynyä tukevat palkit 346 ja 344 voidaan kulmittaa toisiaan kohti samaan kulmaan, kulmittaa toisiaan kohti eri kulmiin, toinen palkki kulmittaa ja toinen palkki jättää kulmittamatta ja ne voidaan kulmittaa samaan suuntaan. Luonollisesti palkkien kulmittamisasteen erot primäärisessä tukirakenteessa vaikuttavat laakerin taipumisominaisuuksiin.

Laakerin tukirakenteeseen on symmetrisesti muodostettu useita reikiä tai aukkoja 420 ja ne jakavat sisäkkäisten katkaistujen kappaleiden muodostaman rakenteen tai käänteisen V-rakenteen useiksi tukipalkeiksi 344, 346 ja jakavat sisäkkäisten katkaistujen kappaleiden kärjen tyynyn tukipintojen 342 muodostamiseksi. Tällöin esimerkiksi laakerityyny 321 on tuettuna tyynyn tukipintaan 342 parilla monimutkaisia tukipalkkeja 344 ja 346, jotka suppenevat toisiaan kohti ja joilla on monimutkainen geometrinen rakenne, joka muodostuu sylinterimäisesti ulottuvista aukoista, jotka kulkevat sisäkkäisten katkaistujen kappaleiden muodostaman osan läpi. Kuten kuviossa 27 on parhaiten esitetty, palkkien 344 ja 346 keskiviivat leikkaavat toisensa pisteessä 350 tyynypinnan yläpuolella kunnollisen kääntötuen varmistamiseksi. Yksittäiset palkit 344 ja 346 on tuettu reunakalvolle 360, jonka jakaa tai halkaisee ura, joka muodostaa katkaistut kappaleet. Kalvoa tukevat kehä- tai reunapalkit 380, 382. Yllä esitetyllä tavalla reunapalkit 380, 382 ja reunakalvo 360 voidaan kehämäisesti halkaista yksittäisten palkkitukien muodostamiseksi.

Laakerin tukirakenteeseen voidaan tehdä lukuisia modifikaatioita tai muutoksia. Esimerkiksi tukirakenteen taipumista voidaan modifioida muuttamalla palkkien kulmaa, muuttamalla jalat muodostavien reikien tai aukkojen sijaintipaikkaa, muuttamalla minkä tahansa palkin tai kalvon pituutta ja muuttamalla minkä tahansa palkin tai kalvon leveyttä tai paksuutta. Joidenkin tällaisten mahdollisuuksien valaisemiseksi kuvioissa 27 ja 28 on esitetty erilainen tukirakenne kullekin

laakerityyntyille 321 - 326. Luonnollisesti on selvää, että nämä eri tukirakenteet on esitetty yksittäisessä laakerissa tarkoituksena vain valaista esillä olevaa keksintöä. Normaalikäytössä kullakin laakerityyntyllä 321 - 326 olisi samanlainen, vaikkakaan ei välttämättä täysin identtinen tukirakenne yhtenäisen suorituskyvyn varmistamiseksi.

Laakerityyntyyn 322 tukirakenne eroaa laakerityyntyyn 321 vastavasta siinä mielessä, että mukaan on otettu reikä tai aukko 422, joka ulottuu palkin 346 läpi palkin 346 jakamiseksi useiksi palkeiksi tai alapalkeiksi 346a ja 346b. Mikäli aukon 422 tapaan aukon halkaisija ja sijoitus on sellainen, että palkki on täysin erotettu, palkki jakautuu erillisiksi palkeiksi. Toisaalta, jos aukko erottaa palkin vain osittain (esim. aukko 423), palkki jakautuu alapalkeiksi. Kuviossa 27 esitetyllä tavalla aukko 422 muodostaa elliptisen aukon palkin 346 sivuun siten, että kuviossa 27 radiaalisesti ulompi palkki 344 on näkyvissä. Tämän rakenteen ansiosta tyynyä 322 tukee kolme kulmittaista sidettä tai palkkia 344, 346a ja 346b.

Laakerityyntyä 323 tukee neljä kulmittaista palkkia tai sidettä 344a, 344b, 346a ja 346b. Tämä rakenne aikaansaadaan järjestämällä mukaan reikä tai aukko 423, joka ulottuu sekä palkin 344 että palkin 346 läpi ja jakaa tyynyn tukipinnan 342 kahdeksi osaksi.

Voidaan todeta, että ottamalla huomioon kaikki tässä esitetyt muunnosmuodot, aukkojen koon valinnan tulisi perustua siihen asteeseen, johon palkit 344 ja 346 on tarkoitus jakaa erillisiksi palkeiksi. Joissakin tapauksissa voi olla edullista erottaa kokonaan palkkiosat, ja tässä tapauksessa käytettäisiin suurempaa aukkoa. Toisissa tapauksissa, kuten esimerkiksi on esitetty laakerityyntyyn 323 tuen suhteen, on edullista jakaa palkki edelleen jostakin palkin sivuseinällä olevasta pisteestä. Voidaan myös todeta, että vaikka piirustuksissa on esitetty

ainoastaan yksi aukko laakerityynyn tukirakennetta varten palkkine 344 ja 346 jakamiseksi, on mahdollista käyttää kahta tai useampaa samanlaista aukkoa kuin kuviossa 28 esitetyt aukot 422 - 426 palkkien 344, 346 jakamiseksi kolmeksi tai useammaksi palkiksi tai alapalkiksi. Kuten aina, käytettävän tuen tyyppin määrittely riippuu halutuista suorituskykyominaisuuksista. Yleisesti ottaen palkkien jako erillisiksi palkeiksi tai alapalkeiksi tekee tukirakenteen joustavammaksi. Tekemällä tukirakenne joustavammaksi yhteen suuntaan siten kuin laakerityynyn 322, 324 ja 326 tukirakenteella saadaan laakerityynyt taipumaan ennalta määrättyyn suuntaan.

Laakerityynyn 324 tukirakenne on samanlainen kuin laakerityynyn 322 lukuunottamatta sitä, että aukko 424 ulottuu ulomman tukipalkin 344 läpi eikä sisemmän tukipalkin 346 läpi. Laakerityynyn 322 tapaan on siis laakerityynyn 324 tuettu kolmella kulmitaisella jalalla.

Laakerityynyn 325 tukirakenne on samanlainen kuin laakerityynyn 321 lukuunottamatta sitä, että aukko 425 on järjestetty kulkemaan ulomman reunapalkin 380 ja reunakalvon 360 läpi epäsymmetrisessä asennossa. Tällöin siis laakerityynyn 325 taipuu ennalta määrättyyn suuntaan, eli aukon 425 aiheuttaman suurimman joustavuuden suuntaan.

Laakerityynyn 326 tukirakenne on samanlainen kuin laakerityynyn 322 lukuunottamatta sitä, että palkin 346 jakava aukko 426 on muodostettu epäsymmetrisesti siten, että se taivuttaa laakerityynyn 326 suuremman joustavuuden suuntaan, eli pienemmän, taipuisamman palkin suuntaan.

Luonnollisesti haluttujen suorituskykyominaisuuksien saavuttamiseksi voidaan käyttää mitä tahansa yhdistelmää kuvioissa 27, 28 esitetyistä tukirakenteista.

Kuvioissa 29 - 30 on esitetty keksinnön mukaisen laakerin eräs toinen suoritusmuoto. Kuten piirustuksissa on esitetty, tähän laakeriin kuuluu useita laakerityynyjä 521 - 526 (paikka esitetty haamuviivoin kuviossa 30). Kukin laakerityyny 521 - 526 on yhtenäinen yksikkö laakerityynyn tukirakenteen kanssa ja tuettuna siihen. Yleisesti ottaen laakerityynyn tukirakenteeseen kuuluu ainakin primäärinen tukirakenne, jossa on sisempi reunatukipalkki 546 ja ulompi reunatukipalkki 544, sekundäärinen tukiosa, johon kuuluu sisempi reunakalvo 362 ja tertiäärinen tukiosa, johon kuuluu ulompi reunakalvo 364 ja sisempi reunatukipalkki 382 ja ulompi reunatukipalkki 380. Kuten kuviossa 29 on parhaiten esitetty, reunatukipalkit 544, 546 muodostuvat osittain syvästä reuna- tai kehäkanavasta, joka ulottuu laakerin pohjasta laakerityynyyn. Tukipalkit muodostuvat lisäksi useista rei'istä tai aukoista 620, jotka on sijoitettu symmetrisesti laakerityynyn tukirakenteen suhteen ja jotka erottavat palkit 544, 546 viereisistä palkeista. Tällöin esimerkiksi laakerityyny 521 on tuettu parille palkkeja 544 ja 546, joissa palkeissa on yleisesti ottaen kaarevat sivuseinämät. Kuten aikaisemmin mainittiin, palkin tukirakenteeseen kuuluvat myös kalvot 364, 362 ja reunapalkit 380, 382.

Laakerin tukirakenteeseen on mahdollista tehdä lukuisia muutoksia. Eräiden tällaisten mahdollisuuksien valaisemiseksi kuvioissa 29 ja 30 on esitetty erilainen tukirakenne kullekin laakerityynylle 521 - 526. Samoin kuin aikaisemmin kuvatussa kuvioden 27 - 28 mukaisessa suoritusmuodossa, on nämäkin erilaiset tukirakenteet esitetty yksittäisessä laakerissa esillä olevan keksinnön valaisemiseksi. Normaalikäytössä kullakin laakerityynyllä 521 - 526 olisi samanlainen, vaikkakaan ei välttämättä täysin identtinen tukirakenne yhtenäisen suorituskyvyn varmistamiseksi.

Laakerityynyn 522 tukirakenne eroaa laakerityynyn 521 tukirakenteesta siinä mielessä, että siinä on reikä tai aukko 622,

joka ulottuu sisemmän kehäpalkin 546 läpi palkin 546 jakamiseksi useiksi palkeiksi 546a ja 546b. Tämän rakenteen ansiosta tyynyä 522 tukee kolme pystysuuntaan ulottuvaa palkkia tai sidettä 544, 546a ja 546 ja 546b.

Laakerityynyä 523 tukee neljä pystysuuntaan ulottuvaa palkkia tai sidettä 544a, 544b, 546a ja 546b. Tämä rakenne saadaan aikaan muodostamalla reikä tai aukko 623, joka ulottuu sekä palkin 544 että palkin 546 läpi. Tästä muunnosmuodosta seuraavilla ohuemmilla palkeilla olisi luonnollisesti suurempi joustavuus tai taipaisuus kuin laakerityynyjen 522 ja 521 tukirakenteella.

Laakerityynyä 524 tukee viisi suhteellisen ohutta pystysuuntaan ulottuvaa palkkia tai sidettä. Tämä rakenne aikaansaadaan muodostamalla reikä tai aukko 624 sisemmän palkin 546 jakamiseksi kahdeksi palkiksi ja muodostamalla kaksi reikää 624 ulomman palkin 544 jakamiseksi kolmeksi palkiksi.

Laakerityynyn 525 tukirakenne on samanlainen kuin laakerityynyn 522 lukuunottamatta sitä, että lisäaukko 635 jakaa epäsymmetrisesti ulomman palkin 544 kahdeksi palkiksi. Ulomman palkin 544 epäsymmetrisen jaon ansiosta laakerityyny taipuu suuremman taipaisuuden suuntaan.

Laakerityynyn 526 tukirakenne on samanlainen kuin laakerityynyn 522 lukuunottamatta sitä, että ulompi palkki 544 on halkaistu sisemmän palkin 546 asemesta. Lisäksi aukko 626 on jonkin verran suurempi kuin aukko 622 siten, että sisemmän palkin 546 ulkoreunaan muodostuu ura sisemmän palkin 546 tekemiseksi jonkin verran taipuisammaksi.

Luonnollisesti haluttujen suorituskykyominaisuuksien saavuttamiseksi voidaan käyttää mitä tahansa yhdistelmää kuvioissa 29, 30 esitetyistä tukirakenteista.

Kuvioissa 29A, 29B, 30A ja 30B on esitetty yksityiskohtaisesti kantalaakeri, jossa tukirakenteen kukin laakerityyny 521A on hyvin samanlainen kuin kuvioissa 29 ja 30 on käytetty laakerityynyn 521 tukemiseksi. Laakerirakenne on kuitenkin erilainen siinä mielessä, että palkit 544A ja 546A ovat kehältään kapeampia ja pystysuunnassa lyhyempiä kuin kuvioissa 29 ja 30 esitettyssä laakerissa olevat palkit. Luonnollisesti lyhyemmät palkit ovat jäykempiä kuin suhteellisesti pidemmät palkit ja kapeat palkit ovat vähemmän jykkiä kuin suhteellisesti leveämmät palkit. Lisäksi palkki 544A on radiaalisesti kapeampi kuin palkki 546A; kun taas kuvioissa 29 ja 30 esitettyssä laakerissa palkkien 544 ja 546 leveys on yhtä suuri. Radiaalisen paksuuden ero kompensoituu, koska palkkien 544A ja 546A reunatai kehäalueen muodostava suuri aukko 620 on järjestetty siten, että palkki 544A on merkittävästi leveämpi kehän suunnassa kuin palkki 546A. Lopuksi voidaan todeta, että aukot 620 ovat merkittävästi suurempia kuin vastaavat aukot 620 kuvioden 29 ja 30 laakerirakenteessa. Luonnollisesti suuremmat aukot lisäävät niiden rajoittaman tukirakenteen taipuisuutta.

Kuviossa 29C on esitetty kuvioden 29A ja 29B kuvaama laakerityyppi tiivistetyssä laakeriyksikössä. Tässä esitetyllä tavalla laakerin jalat 380A, 382A on kiinnitetty staattiseen runko-osaan 2. Laakerityynyt 321A on sovitettu tukemaan pyörivän runko-osan 3 pyörimispintaa. Laakeria ympäröi hydrodynaaminen neste 4 ja tiivistet 7 tiivistävät staattisen 2 ja pyörivän 3 runko-osan toistensa suhteen. Yllä kuvatulla tavalla staattinen runko-osa 2 on kiinnitetty staattiseen akselin suojaputkeen 10 ja toimii osana sitä ja pyörivä runko-osa 3 on kiinnitetty akseliin 5 ja toimii akselin 5 jatkeena. Kun siis akseli 5 pyörii, runko-osa 3 pyörii runko-osan 2 ja siihen kiinnitetyn laakerin suhteen. Tällä tavoin akselin työntöä tuetaan laakerilla pyörivän runko-osan kautta.

Kuvioissa 35 - 37 on esitetty esillä olevan keksinnön mukainen

yhdistetty hydrodynaaminen kanta- ja radiaalilaakeri. Kuviossa 35 esitetty laakeri on varsin samanlainen kuin kuviossa 34 esitetty laakeri ja samoja viitenumeroita on käytetty samanlaisen rakenteen esittämiseksi. Samalla tavoin kuviossa 37 esitettynä poikkileikkauksena nähtynä kuvioden 36 - 37 mukainen laakeri on varsin samanlainen kuin kuvioissa 4 ja 14B esitetyt radiaalilaakerit lukuunottamatta sitä, että laakerityyny 1032 ja laakerityynyn tukirakenne, johon kuuluu palkit ja/tai kalvot 1034, 1036 ja 1038, muodostuvat suhteellisesti suuremmista raoista ja urista. Radiaali-kantalaakerit eroavat kuitenkin pelkästään radiaalisista laakereista siinä mielessä, että laakerityynyn pinta 1032ps on kulmittain suureen akseliin 1006 nähden. Tämän kulmittain olevan tyynypinnan ansiosta kuvioden 35 - 37 mukaiset laakerit tukevat kuormituksia, jotka vaikuttavat sekä suuren akselin 1006 suuntaisesti että radiaalisesti akselistä 1006. Pietsosähköinen elementti 100 voidaan esitetyllä tavalla sijoittaa mukaan laakerin taipumisominaisuuksien selektiiviseksi säätämiseksi.

Akselin tukemiseksi kulmittaisella tyynyn tukipinnalla 1032ps pitää akseli varustaa johteella tai hahlolla, joka on sijoitettu kulmaan, joka on komplementtikulma tyynyn tukipinnan kulmalle. Laakerin kantama aksiaalisen kuormituksen osa ja laakerin kantama radiaalisen kuormituksen osa riippuu tyynyn pinnan 1032ps kulmasta. Mikäli tyyny on sovitettu kulmaan α suuren akselin 1006 suhteen, laakeriin kohdistuva aksiaalinen kuorma voidaan määritellä seuraavalla yhtälöllä:

Käytetty aksiaalinen kuorma = aksiaalinen kokonaiskuorma
(sin α).

Samalla tavoin laakeriin kohdistuva radiaalinen kuorma voidaan määritellä seuraavalla yhtälöllä:

Käytetty radiaalinen kuorma = radiaalinen kokonaiskuorma
($\cos \alpha$).

Kuviossa 35 esitetty laakerin tukirakenne on samanlainen kuin kuviossa 34 esitetty laakerin tukirakenne.

Kuvioissa 36 ja 37 esitettyyn laakerin tukirakenteeseen kuuluu välimatkan päässä toisistaan olevien laakerityynyjen 1032 primäärinen tukirakenne, jossa on laakerityynyä 1032 tukeva palkki 1034, tertiäärinen tukirakenne, johon kuuluu pari kehäpalkkeja 1038, jotka voivat olla jatkuvia. Sekundääriseen tukirakenteeseen kuuluu kalvo 1036 tai palkkiverkko 1036 palkin 1034 yhdistämiseksi palkkeihin 1038. Kuten kuviossa 36 on selkeimmin esitetty, kunkin usean laakerityynyn 1032 tukirakenne on epäsymmetrinen. Tällöin kuvioissa 36 ja 37 esitetty laakeri on yksisuuntainen.

Kuviossa 37A on esitetty kuviossa 37 kuvattu laakerityyppi tiivistetyssä laakeriyksikössä. Tässä esitetyllä tavalla laakerin jalat 1038 on kiinnitetty staattiseen runko-osaan 2. Laakerityynyt 1032 on sovitettu tukemaan pyörivän runko-osan 3 kaltevaa pyörimispintaa. Laakeria ympäröi hydrodynaaminen neste 4 ja tiivistet 7 tiivistävät staattisen 2 ja pyörivän 3 runko-osan toistensa suhteen. Yllä kuvatulla tavalla staattinen runko-osa 2 on kiinnitetty staattiseen akselin suojaputkeen ja toimii sen osana ja pyörivä runko-osa 3 on kiinnitetty akseliin 5 ja toimii akselin 5 jatkeena. Kun siis akseli 5 pyörii, runko-osa 3 pyörii runko-osan 2 ja siihen kiinnitetyn laakerin suhteen. Tällä tavoin laakeri tukee akselia sekä aksiaalisesti että radiaalisesti viiston runko-osan välityksellä.

Yleisesti ottaen mitä tahansa tässä hakemuksessa kuvattua yleistä laakerirakennetta voidaan käyttää suunniteltaessa kuvioissa 36 ja 37 esitetyn tyyppisiä yhdistettyjä radiaalikantalaakereita. Luonnollisesti yhdistetyn radiaali- ja

kantalaakerityyppin aikaansaamiseksi pitää laakerityynyn pinta sovittaa $0 - 90^\circ$ kulmaan suureen akseliin nähden. Lisäksi tarve kompensoida sekä radiaalisia että aksiaalisia kuormituksia vaikuttaa väistämättä laakerityynyn tukirakenteen muotoon.

Eräs toinen yhdistetyn radiaali-kantalaakerin muoto on esitetty kuvioissa 43 ja 43A. Tässä esitetyllä tavalla laakeri on muodostettu kokoamalla erillisiä laakerikomponentteja. Yleisesti ottaen tämän tyyppinen yhdistetty radiaali-kantalaakeri käsittää kannattimen, jossa on kaksi aksiaalista pintaa, sisempi kehä ja ulompi kehä, jotka on sovitettu kiinnitettäväksi runkokoteloon. Ainakin yksi radiaalilaakeri RB on tuetuna kannattimen sisäkehälle, liitetty siihen tai integraalinen sen kanssa radiaalisen akselituen muodostamiseksi. Useita kehällä välimatkan päässä toisistaan olevia aukkoja on muodostettu ainakin toiseen kannattimen kahdesta aksiaalipinnasta. Useita laakerityynyjä on sijoitettu näihin aukkoihin. Tällä tavoin laakeriin muodostuu työntöpinta.

Kuvioissa 43 ja 43A esitetyssä tietyssä esimerkissä laakeriin kuuluu kaksi radiaalilaakeria RB, jollaiset on esitetty kuviossa 8 ja kuvattu aikaisemmin. Kuten yllä on todettu, tämän tyyppinen laakeri muodostaa kaksisuuntaisen tuen. Luonnollisesti voidaan käyttää mitä tahansa keksinnön mukaista yksisuuntaista tai kaksisuuntaista hydrodynaamista laakeria. Esitetyllä tavalla radiaalilaakerit ovat erillisiä elementtejä, joita kannatin 110 tukee. Laakerit voitaisiin muodostaa myös integraalisesti kannattimen 110 kanssa tai lukita siihen. Työntö- tai laakerityynyt 112 voivat olla jäljempänä selvitetyssä kuviossa 42 kuvattua tyyppiä. Erityisesti voidaan todeta, että tyynyt käsittävät tyynyn 114, primäärisen tukiosan 116, sekundäärisen tukiosan 118 ja tertiäärisen tukiosan 120. Primäärisessä tukiosassa 116 voi olla useita viistoja jalkoja tai yksittäinen ontto, kartiomaisen (tai tarkemmin sanottuna katkaistun kappaleen) muotoinen elementti. Samalla tavoin

sekundääriset 118 ja tertiääriset 120 tukiosat voivat olla jatkuvia tai ne voidaan jakaa yksittäisiksi osiksi.

Keksinnön eräs tärkeä näkökohta on se, että kyseessä ovat koneistettavat laakerimuodot. Ts. kyseessä ovat laakerimuodot, jotka voidaan valmistaa koneistamalla pätkä paksuseinäistä putkea tai vastaava sylinterimäinen holkki käyttämällä normaaleja käytettävissä olevia koneistusmenetelmiä. Tällaiset laakerit ovat tunnettuja siitä, että ne muodostetaan paksuseinäisestä putkesta tai vastaavasta sylinterimäisestä holkista muodostamalla siihen porauksia, rakoja ja uria. Tällaisten laakereiden eteuna on se, että prototyyppien valmistus ja näiden prototyyppien testauksen jälkeinen modifiointi on helppoa. Luonnollisesti, kun tarkoituksena on laakereiden sarjavalmistus käyttämällä esimerkiksi muottiinpuristus- tai valumenetelmiä voivat erilaiset valmistusnäkökohdat määrätä erilaiset muodot. On tärkeätä todeta, että muodonmuutokset vaikuttavat laakerin suorituskykyyn.

Eräs toinen valmistuksellinen näkökohta on muottivalun helppous. Luonnollisesti useimmat keksinnön mukaiset laakerirakenteet voidaan valaa muottiin jollakin valutekniikalla. Kuitenkin ainoastaan tiettyjä muotoja voidaan ruiskuvalaa yksinkertaisessa kaksiosaisessa muotissa eli muotissa, jossa ei ole nokkia tai ulokkeita. Eräs toinen keksinnön mukaisten laakereiden etu on se, että laakerit voidaan konstruoida helposti valettaviin muotoihin, jotka voidaan määritellä muotoina, jotka voidaan ruiskkuvalaa käyttämällä yksi- tai kaksiosaista muottia. Yleisesti ottaen helposti valettava muoto on tunnettu siitä, että siinä ei ole "piilossa olevia" onteiloita, jotka vaativat ulokkeita tai nokkia muottivalun suorittamiseksi. Mitä esimerkiksi tulee radiaalilaakereihin, voidaan todeta, että helposti valettavassa muodossa ei ole lainkaan radiaalisesti ulottuvia uria sisä- eikä ulkohalkaisijassa ja aksiaalinen poikkileikkaus on jatkuva. Kuvioissa

32, 32A ja 32B esitetty laakeri on esimerkki helposti muottivalettavasta radiaalisesta tai akselin laakerista.

Samalla tavoin helposti valettavat kantalaakerit on tunnettu siitä, että ne voidaan valaa yhdellä saumaviivalla siten, että kaikki pinnat ovat näkyvissä tarkasteltuna esimerkiksi ainoastaan ylhäältä ja alhaalta.

Kuvioissa 38A - 38C on esitetty helposti valettava kantalaakeri. Laakeriin kuuluu useita kehällä välimatkan päässä toisistaan olevia laakerityynyjä 132m ja kutakin laakerityynyä 132m tukeva tukirakenne. Tukirakenteeseen kuuluu primäärinen tukiosa, jossa on kehä- tai reunapalkit 134mb ja 134ma, sekundäärinen tukiosa, johon kuuluu radiaalisesti ulottuva palkki 136m sekä tertiäärinen tukiosa, johon kuuluu tappimainen palkkipari 138m. Voidaan todeta, että kuvioissa 38A - 38C tukirakenteen mitat on esitetty jonkin verran vääristyneinä selvyyden vuoksi. Esimerkiksi kuviossa 38C esitetyllä tavalla kehäpalkit 134ma ja 134mb on esitetty erittäin paksuina. Tällainen palkkirakenne muodostaisi hyvin jäykän tuen laakeritynyille 132m ja käytännössä tällainen jäykkä tuki ei ilmeisesti olisi välttämätön tai edes edullinen.

Esitettyyn tiettyyn valettavaan palkkirakenteeseen on mahdollista tehdä muutoksia. Esimerkiksi jompi kumpi tai molemmat välimatkan päässä toisistaan olevat kehäpalkkisegmentit 134ma ja 134mb voidaan muodostaa yhtenäisenä kehäpalkkielementtinä. Lisäksi sekundääriseen tukiosaan voi kuulua useita radiaalisesti ulottuvia palkkeja kunkin laakerityynyn 132m välillä. Lisäksi primäärinen tukirakenne voidaan modifioida siten, että siihen kuuluu kolme tai useampia kehäpalkkisegmenttejä, jotka liittävät yhteen kunkin parin vierekkäisiä laakerityynyjä ja/tai on mahdollista käyttää erilaiset radiaalliset leveydet omaavia kehäpalkkisegmenttejä. Lisäksi tappimaiset palkkiosat 138m voitaisiin muodostaa palkkien 136 radiaalisesti ulottuviin

reunoihin sen sijaan, että ne ovat kehämäisesti ulottuvissa päissä. Lopuksi kaikkien keksinnön mukaisten laakereiden kohdalla voidaan todeta, että rakennetta voidaan myös modifioida muuttamalla minkä tahansa tukirakenteessa olevan elementin pituutta tai paksuutta tukirakenteen taipumisominaisuuksien muuttamiseksi.

Erilaisten mahdollisten tukirakenteen konstruktioiden valaisemiseksi kuviossa 38D on esitetty erilainen tukirakenne kullekin laakerityynylle 321m - 326m. Erityisesti voidaan todeta, että kuvio 38B on alhaalta nähty kuva ja siinä on esitetty muunnosmuotoja. On ymmärrettävä, että nämä erilaiset tukirakenteet on esitetty yksittäisessä laakerissa esillä olevan keksinnön valaisemiseksi. Normaalikäytössä kussakin laakerityynyissä 321 - 326m olisi samanlainen, vaikkakaan ei välttämättä täysin identtinen tukirakenne yhtenäisen suorituskäytön varmistamiseksi.

Laakerityynyn 322m tuki eroaa laakerityynyjen 132m tuesta siinä mielessä, että soikiomainen uloke työntyy laakerityynyn pinnan takaa muodostaen jäykän tuen laakerityynyn 321m ulommalle kehäreunalle. Tämän rakenteen ansiosta laakerityyny 321m olisi erittäin jäykkä ulommasta kehäpäästään.

Laakerityynyn 322m tuki on samanlainen kuin tyynyn 321m lukuunottamatta sitä, että yhden suuren ulokkeen sijasta kaksi pienempää uloketta 122m työntyy laakerin pohjasta lähellä laakerityynyn ulompaa kehäreunaa. Samalla tavoin kuin uloke 120m nämä kaksi uloketta 122m antavat jäykkyyttä laakerityynyn 122m ulkokehäreunalle. Tämä rakenne päästää kuitenkin laakerin taipumaan ulokkeiden välissä olevalta tukemattomalta alueelta.

Laakerityynyä 322m tuetaan modifioidulla tukirakenteella, johon kuuluu primäärisessä tukiosassa oleva yhtenäinen kehäpalkki 134ma. Samalla tavoin laakerityynyn 324m kuuluu yhtenäinen tai

jatkuva sisempi kehäpalkki 134mb. Tällaisten yhtenäisten palkkien mukaanotto lisää laakerin tukirakenteen jäykkyyttä.

Laakerityynyn 325 tukirakenne on modifioitu muodostamalla suuria aukkoja 142m sisempään palkkiin 134mb ja pienempiä aukkoja 144 ulompaan palkkiin 134ma. Näiden aukkojen muodostaminen lisää palkkien joustavuutta. Luonnollisesti suuremmat aukot lisäävät palkkien joustavuutta tai taipuisuutta suuremmissa määrin kuin pienet aukot 144. Tämän tukirakenteen muunnosmuodoissa käytetään erikokoisia aukkoja tai eri määrää aukkoja laakerityynyn 325m taivuttamiseksi ennalta määrättyyn suuntaan.

Laakerityyny 326m on tuettu modifioidulla rakenteella, jossa primääriseen tukiosaan kuuluu kalvo tai membraani 134m palkkiparin asemesta. Esitetyssä esimerkissä yksi membraani on varustettu aukolla 146 laakerityynyn 326m painamiseksi ennalta määrättyyn suuntaan. Luonnollisesti aukon 146m muodostaminen ei ole välttämätöntä ja haluttaessa voidaan muodostaa useita aukkoja.

Kuten näistä piirustuksista voidaan todeta, muottiin valetta-
viin laakereihin ei kuulu mitään piilossa olevia onteloita,
jotka edellyttäisivät monimutkaisen muotin ja/tai siirrettä-
vällä nokalla varustetun muotin käyttöä. Erityisesti, koska
laakerirakenteen jokainen pinta on suoraan näkyvissä joko
kuvion 38A mukaisessa pintakuvannossa tai kuvion 38B mukaisessa
alhaalta nähdyssä kuvassa, laakeri voidaan yksinkertaisesti
valaa muottiin käyttämällä kaksiosaista muottia. Tarkemmin
sanoen ensimmäinen muottiosa muodostaa ne pinnat, jotka on
suoraan nähtävissä kuvion 38A mukaisessa ylhäältäpäin nähdyssä
kuvassa. Toinen muottiosa muodostaa ne pinnat, jotka ovat
näkyvissä ainoastaan kuvion 38B mukaisessa alhaalta nähdyssä
kuvassa. Molemmissa kuvioissa 38A ja 38B näkyvissä olevilla
reunoilla varustetut pinnat voidaan valaa muottiin käyttämällä

jompaa kumpaa tai molempia muotteja. Esitetyssä laakerissa helppo valettavuus saadaan aikaan siitä syystä, että sekundääriset ja tertiääriset tukiosat on kehämäisesti sijoitettu laakerityynyjen väliseen tilaan. Kuviossa 38D esitetyt muunnosmuodot eivät muuta laakerin helppoa valettavuutta.

Kuviossa 38E on esitetty kuvioissa 38A-D kuvatun kaltainen laakeri tiivistetyssä laakeriyksikössä. Tässä esitetyllä tavalla laakeri on kiinnitetty staattiseen runko-osaan 2. Laakerityynyt 232m on sovitettu tukemaan pyörivän runko-osan 3 pyörimispintaa. Laakeria ympäröi hydrodynaaminen neste 4 ja tiivisteet 7 tiivistävät staattisen 2 ja pyörivän 3 runko-osan toistensa suhteen. Yllä kuvatulla tavalla staattinen runko-osa 2 on kiinnitetty akselin staattiseen suojaputkeen ja toimii sen osana ja pyörivä runko-osa 3 on kiinnitetty akseliin 5 ja toimii akselin 5 jatkeena. Kun siis akseli 5 pyörii, runko-osa 3 pyörii runko-osaan 2 ja siihen kiinnitettyyn laakeriin nähden. Tällä tavoin akseliin kohdistuvat työntövoimat saadaan tuetuksi laakerilla pyörivän runko-osan 3 välityksellä.

Kuvioissa 38A-38D on esitetty mahdollisia monimutkaisempia muunnosmuotoja muottiin valettavasta kantalaakerista. Erityisesti voidaan todeta, että on mahdollista käyttää mitä tahansa edellä kuvattuja laakerirakenteen muunnosmuotoja, jotka soveltuvat helppoon muottivaluun. Esimerkiksi primääriset tukipalkit voivat olla yhtenäisiä. Tällöin helposti valettavan laakerin muodostaminen ei välttämättä vaadi yksinkertaista laakerirakennetta. Eräs esimerkki monimutkaisemmasta laakerirakenteesta on esitetty kuvioissa 39A-39C.

Kuten kuvioissa 39A-C on esitetty, laakeriin kuuluu useita kehällä välimatkan päässä toisistaan olevia laakerityynyjä 232m, joita tukee laakerityynyn tukirakenne. Tukirakenteen sekundääriset ja tertiääriset osat ovat samanlaisia kuin kuvion 38 mukaisen laakerin tukirakenteen vastaavat osat. Kuvion 39

mukainen laakeri eroaa kuitenkin kuvion 38 mukaisesta siinä mielessä, että kuvion 39 mukaisessa laakerissa primääriseen tukiosaan kuuluu useita monimutkaisia palkkeja 234. Tarkemmin sanoen kutakin laakerityynyä tukee radiaalisesti ulompi yhtenäinen ja monimutkainen kehäpalkki 234ma. Tyynyt on lisäksi tuettu useilla välimatkan päässä toisistaan olevilla monimutkaisilla kehäpalkkeilla 234mb. Yhtenäisen palkin 234ma ja palkkisegmenttien 234mb monimutkaiset muodot käyvät parhaiten selviksi tarkastelemalla kuviota 39C, joka esittää varsin kaaviomaisesti monimutkaisten palkkien 234 profiilin. Käytössä palkit 234ma ja 234mb toimivat palkkiverkkona. Voidaan siis todeta, että lukuisia monimutkaisia kantalaakerirakenteita voidaan muodostaa säilyttämällä samalla kyky valaa laakeri yksinkertaisella kaksiosaisella muotilla, eli säilytetään helppo valettavuus. Luonnollisesti kullakin rakenteella saavutetaan ainutlaatuiset taipumisominaisuudet, jotka pitää ottaa huomioon laakerin suunnittelussa parhaan mahdollisen kiilanmuodostuksen aikaansaamiseksi.

Tietyissä kaasulla tai ilmalla voidelluissa taipuvissa tyyny-laakereissa esiintyy tapauksia, joissa kuormitukset tai nopeudet ylittävät ilmakalvon toimintakyvyn. Näissä tapauksissa on välttämätöntä syöttää nestemäistä voiteluainetta suppenevaan kiilaan muodostamatta nestesäiliötä tai kylpyä. Kuvioissa 40, 40a, 41 ja 41a on esitetty laakerirakenteita tämän tarkoituksen saavuttamiseksi. Tarkemmin sanoen näissä piirustuksissa on esitetty keksinnön erään toisen tärkeän näkökohdan mukainen uusi, itsevoiteleva taivutustyynylaakeri. Laakeri on olennaisesti tässä kuvattua tyyppiä oleva taivutustyynylaakeri, joka on modifioitu siten, että sen eri aukoissa on voitelumuovi.

Laakerissa käytetty muovi on tavanomaista valettavaa huokoista muovia, joka kykenee absorboimaan voitelunestettä tällaisessa nesteessä liuotettuna. Erästä tällaista muovia myydään tuotenimellä POREX. Yleisesti ottaen huokoinen muovi voidaan

muodostaa erilaisista muovimateriaaleista suihkuttamalla ilmaa muovimateriaaliin huokosten muodostamiseksi. Tarkemmin sanoen neste absorboituu huokoiseen muoviin tamponimaisesti ja pysyy paikallaan muovin pitämänä.

Voiteleva taivutustyydynlaakeri on konstrutoitu ottamalla yllä kuvattua tyyppiä oleva tavanomainen akseli-, kanta- tai yhdistetty radiaali- ja kantalaakeri taipuvalla tyydynllä varustettuna ja valamalla tai ruiskuttamalla tavanomaista huokoista muovia taipuvien osien ympärille ja niiden välisiin tiloihin. Tämän rakenteen seurauksena käytön aikana akselin liike ja taipuvien osien puristuminen saattaa voitelunesteen poistumaan huokoisesta muovista, jolloin se joutuu suppenevan kiilan etureunaan. Nesteellä täytetyn kiilan muodostuminen parantaa suuresti laakerin kuorma- ja nopeuskestävyyttä. Sen jälkeen, kun neste kulkee tyydynpinnan yli, huokoinen muovi absorboi sen uudelleen sen jälkeen, kun se on poistunut takareunasta.

Eräs tärkeä keksinnön mukainen näkökohta on komposiittirakenne, jossa yhdistyy normaali laakerimateriaali ja huokoinen muovi. Tämän komposiitin ansiosta on mahdollista käyttää hyväksi molempien materiaalien ainutlaatuisia ominaisuuksia. Tarkemmin sanoen tavanomainen huokoinen muovi on pelkästään huono taipumistyydynlaakerin materiaali, koska muovissa olevat huokokset ovat itse asiassa tyhjötiloja, jotka haittaavat hyvin ohuen nestekalvon muodostumista. Toisaalta tavanomaiset muovi- tai metallilaakerimateriaalit, joissa ei ole huokosia, eivät kykene absorboimaan voiteluainetta missään merkittävässä määrin. Kuitenkin käyttämällä molempia materiaaleja kuvatulla tavalla saadaan aikaan tehokas itsevoiteleva hydrodynaaminen laakeri. Lisäksi normaalin laakerimateriaalin ja voiteluainetta absorboivan huokoisen muovin yhteiskäytöstä seuraa synergistisiä tuloksia. Laakeripinnan taipumat edistävät esimerkiksi nestemäisen voiteluaineen pakkokulkua etureunaan. Lisäksi laakeri-

pinnan kanavointi tai muotoilu voiteluaineen säilyttämiseksi edistää nesteen pysymistä.

Kuvioissa 40 ja 41 on esitetty kaksi esimerkkiä keksinnön mukaisesta itsevoitelevasta taivutustyynty-laakerista. Erityisesti näissä piirustuksissa on esitetty laakereita, jotka ovat samanlaisia kuin aikaisemmin kuvatut laakerit, mutta jotka on modifioitu siten, että nestettä absorboiva huokoinen muovi on täytetty taipuvien osien välisiin tiloihin. Jossakin määrin laakeri toimii kehysosana ja huokoinen muoviosa toimii voiteluainetta pitävänä ja vapauttavana sienenä.

Erityisesti kuvioissa 40 ja 40a on esitetty itsevoiteleva laakeri, jossa on alla oleva laakerirakenne, joka on olennaisesti samanlainen kuin kuvioissa 32 ja 32A esitetty laakeri. Kuvion 40 mukainen laakerirakenne on kuitenkin modifioitu siten, että huokoinen muovi täyttää laakerien välissä olevat aukot ja tukirakenteessa olevat aukot, jotka ovat yhtenäisiä laakerityynyjen 732 välissä olevien tilojen kanssa. Luonnollisesti laakerityynyjen alapuolella olevat tilat voitaisiin yhtä hyvin täyttää huokoisella muovilla. Ellei kuitenkaan ole yhteyttä huokoisen muovin ja laakerityynyn pinnan välillä, tällaisten huokoisten muovialueiden muodostaminen olisi hyödytöntä.

Samalla tavoin kuvioissa 41 ja 41A on esitetty laakeri, jonka rakenne on olennaisesti samanlainen kuin kuvioissa 36 ja 37 esitetyn yhdistetyn radiaali- ja kantalaakerin rakenne. Tässäkin on kuitenkin huokoista muovia ruiskutettu tyyntyjen päiden välisessä tukirakenteessa oleviin rakoihin tai tiloihin. Tässäkin tapauksessa huokoisen muovin ruiskutus esitetyllä tavalla aikaansaa laakerin, jolla on yhtenäinen sisähalkaisija. Samalla tavoin kuin kuvion 40 mukaisessa laakerissa, eroavat materiaaliominaisuudet kuitenkin merkittävästi sisähalkaisijan osalta.

Erityisesti voidaan todeta, että samalla tavoin kuin kuvion 40 mukaisessa laakerissa, kuvion 41 mukaisen laakerin sisähalkaisijaan kuuluu kiilaa tukevat laakerityynyn pinnat ja kehällä välimatkan päässä toisistaan olevat, voiteluainetta vapauttavat ja absorboivat ja pitävät osat. Käytössä akselin liike ja taipuvien osien puristuminen saattaa voitelunesteen lähtemään huokoisesta muovista ja kulkeutumaan suppenevan kiilan etureunaan. Nesteellä täytetyn kiilan muodostuminen lisää suuresti laakereiden kuorma- ja nopeuskestävyyttä.

Itsevoitelevan taivutustyynylaakerin valmistukseen kuuluu kolme yleisvaihetta. Ensinnäkin laakerin perus- tai runko-osa muodostetaan normaalista laakerimateriaalista. Toiseksi laakerirakenteessa oleviin haluttuihin tiloihin ruiskutetaan huokoista muovia. Valmistuksen helpottamiseksi muovi ruiskutetaan laakeriin ilman voiteluainetta. Lopuksi laakeri ja sen haluttuihin tiloihin ruiskutettu huokoinen muovi kuormitetaan nestemäisellä voiteluaineella. Muovin kuormittamiseksi oikealla tavalla nestemäisellä voiteluaineella on tarpeellista imeä voiteluaine sisään toiselta puolelta. Nesteen sisääntulo aikaansaa täyttymättömän sisäosan. Tämä saadaan aikaan siten, että huokosia ei päästetä purkautumaan toiselta puolelta. Kuviossa 40 peruslaakerirakenne on yhdistetty radiaali- ja kantalaakerirakenne, joka on samanlainen kuin kuviossa 36 esitetty. Huokoinen muovi täyttää kuitenkin tukirakenteessa olevat raot ja välit. Huokoisen muovin käyttö muodostaa komposiittilaakerin, jossa on yhtenäinen sisähalkaisijapinta. Tämän pinnan taipumisominaisuudet vaihtelevat kuitenkin suuresti. Tarkemmin sanoen taipuvat tyynyt, jotka on muodostettu normaaleista laakerimateriaaleista, kuten metallista tai ei-huokoisesta muovista, sopivat taipumaan ja muodostamaan nestekiilan. Toisaalta huokoiset muoviosat sopivat puristumaan voiteluaineen vapauttamiseksi laakerityynyjen etureunasta ja voiteluaineen absorboimiseksi laakerityynyjen takareunasta.

Kuten on todettu kunkin yllä kuvatun valaisevan esimerkin kohdalla, keksinnön mukaiset laakerit voidaan muodostaa siten, että kiilasuhde on 1:2 - 1:5, laakereiden deformatuva laakeripinta on muunnettavassa muodossa, tyynyllä on kuusiasteinen vapaus ja saadaan aikaan ilmatyynyn tapainen vaimennusvaikutus. Laakerit ovat rakenteeltaan tyypillisesti yhtenäisiä.

Laakerityynyn taipumisen muodostaman kiilan ja tyynyn kuusiasteisen liikkumisvapauden ansiosta keksinnön mukaisella laakerilla on poikkeukselliset suorituskykyominaisuudet. Erityisesti laakerin mitat ja taipumismuuttujat mukaanluettuna yhtenäisessä laakerissa olevien elementtien lukumäärä, koko, muoto, sijaintipaikka ja materiaaliominaisuudet ovat sellaisia, että ne voidaan räätälöidä mihin tahansa tiettyyn käyttötarkoitukseen monien erilaisten kuormitusten tukemiseksi. Näistä muuttujista erityisen tärkeä on tukiosien muoto. Tukiosien muodon vaikutus tukirakenteen taipumisominaisuuksiin voidaan todeta, kun esimerkkinä käytetään inertiamomentin muuttuvaa kaavaa $bh^3/12$ (englantilaiset yksiköt) (suorakulmaisen leikkauksen leikkausmodulin pääkomponentti, $z = I/c = bh^2/6$). Lisäksi tyynyn kyky liikkua kuusiasteisella vapaudella mahdollistaa sen, että laakeri kykenee kompensoimaan ja korjaamaan akselin suuntausvirheen. Tässä mielessä voidaan todeta, että keksinnön mukaisilla laakereilla on itsekorjaava ominaisuus, joka on seurausta laakerin pyrkimyksestä palata taipumattomaan tilaansa johtuen laakerin jäykkyydestä. Luonnollisesti laakerin jäykkyys on pääasiallisesti tukirakenteen muodon funktio ja vähemmässä määrin aiheutuu muista taipumismuuttujista, joita ovat yhtenäiseen elementtiin muodostettujen urien ja uurtojen tai rakojen määrittämien elementtien lukumäärä, koko, sijaintipaikka ja materiaaliominaisuudet. Jäykemmillä laakereilla on suurempi itsekorjauskyky, mutta ne kykenevät heikommin säätämään akselin suuntausvirhettä.

Testit ovat osoittaneet, että keksinnön mukaisilla tunnusmer-

keillä varustetuilla laakereilla on ratkaisevasti parantunut suorituskyky jopa verrattaessa niitä rakenteeseen, joka on esitetty hakijan aikaisemmassa patentissa n:o 4,496,251. Viimeaikaisessa testissä keksinnön mukaisia akselin laakereita käytettiin radiaalilaakerissa radiaalisen vaipan ollessa 2,31 mm. Laakerityynyn taipumiset sisäänpäin olivat 0,0076 mm, jolla saavutetaan poikkeuksellinen stabiilisuus ja laakerin suorituskyky. Vastaava siirtymä käyttämällä hakijan aikaisemmassa patentissa n:o 4,496,251 esitettyä järjestelyä olisi vaatinut radiaalitilan 7,6 mm.

Tavanomaisissa hydrodynaamisissa akselin laakereissa on tyypillisesti välttämätöntä muodostaa nestekalvovälitys laakerityynyn pinnan ja tuettavan akseliosan väliin. Tämä edellyttää äärimmäisen tiukkoja valmistustoleransseja ja nämä voivat muodostaa esteen suurtuotannolle.

Keksinnön mukaiset laakerit voidaan suunnitella tai muotoilla poistamaan tällaisten tiukkojen valmistustoleranssien tarve. Erityisesti muodostamalla sopivat poraukset, urat ja uurrot tai raot on mahdollista muodostaa laakeri, jolla on käytännöllisesti katsoen mitkä tahansa halutut suorituskykyominaisuudet. Eräs tällainen ominaisuus on laakerityynyn jäykkyys- tai jousto-ominaisuus kuorman suuntaan, eli radiaaliseen suuntaan (radiaalinen jäykkyys) akselin laakereiden kohdalla ja aksiaaliseen suuntaan (aksiaalinen jäykkyys) kantalaakereiden kohdalla. Laakereiden suhteen on tunnettua, että akselin ja laakerin välinen nestekalvo voidaan muodostaa jouseksi, koska sillä on laskettavissa oleva radiaalinen tai aksiaalinen nestekalvon jäykkyys- tai jousto-ominaisuus. Tämä pitää paikkansa sekä puristuvien että puristumattomien nesteiden kohdalla mutta on erityisen käyttökelpoinen, kun kyseessä ovat kaasunestevoiteluaineet. Nestekalvon jäykkyys ja laakerin jäykkyys vaikuttavat toisiinsa nähden vastakkaisesti siten, että jos nestekalvon jäykkyys- tai jousto-ominaisuus ylittää laakerin jäykkyys- tai

jousto-ominaisuuden, laakeri taipuu nestekalvon jäykkyyden suuntaan (eli radiaaliseen suuntaan akselin laakereissa ja aksiaaliseen suuntaan kantalaakereissa), kunnes nesteen ja laakerin jäykkyys on tasapainossa. On siis havaittu, että jos akselin laakeri rakennetaan siten, että laakerin radiaalinen jäykkyys on pienempi kuin nestekalvon radiaalinen jäykkyys, ei tarvitse muodostaa tarkkaa tilaa tai välystä akselin ja laakerin väliin, koska nestekalvon radiaalinen jäykkyys saa automaattisesti ja välittömästi akselia pyöritettäessä aikaan akselin laakerin asiaankuuluvan radiaalisen taipumisen. Käytännöllisesti katsoen välitön kiilan muodostuminen aikaansaa käytännöllisesti katsoen välittömän suojaavan nestekalvon muodostumisen estäen siten kiilanmuodostuspinnan vahingoittumisen, joka tyypillisesti tapahtuu alhaisilla nopeuksilla nestekalvon muodostumisen aikana.

Laakerin radiaalinen jäykkyys on luonnollisesti pääasiallisesti tukirakenteen leikkaus- tai kimmomodulin funktio, joka riippuu tukirakenteen muodosta. Myös tyynyn radiaalinen jäykkyys riippuu laakeriin muodostettujen rakojen tai uurtojen pituudesta. Sama pitää paikkansa kantalaakereiden kohdalla lukuunottamatta luonnollisesti sitä, että laakerin aksiaalinen jäykkyys on ratkaiseva. Tämän mukaisesti on keksinnön avulla mahdollista saada aikaan erinomainen suorituskyky ilman tiukkoja valmistustoleransseja, joita tyypillisesti vaaditaan hydrodynaamisilta laakereilta.

Keksinnön mukaiset laakerit voidaan esimerkiksi rakentaa siten, että ne muodostavat välisovitteen asennettuina akseliin ja tällä tavoin pakotettaessa laakeri akseliin tyynyt taipuvat lievästi muodostaen suppenevan kiilamuodon samalla, kun ne ovat kiinteässä asennetussa asemassa. Laakerityynyn ja akselin välinen kosketus tapahtuu takareunassa. Välittömästi käynnistettäessä nestekalvo työntyy kiilaan ja muodostaa nestepaineen, joka aiheuttaa akselin ja tyynyn irtautumisen. Täten keksinnön

erään toisen tärkeän näkökohdan mukaisesti keksinnön mukaiset laakerit voidaan rakentaa ja mitoittaa siten, että laakerin takareuna on kosketuksessa tuettavaan akseliosaan silloin, kun akseli on lepotilassa.

Keksinnön mukaiset kantalaakerit voidaan myös rakentaa siten, että muodostuu staattisesti kuormitettu kiila. Staattisesti kuormitetun kiilan muodostamiseksi laakereiden tukirakenne on muodostettu siten, että laakerityynyt kallistuvat kohti akselia mentäessä laakerityynyn radiaalisesti sisemmästä kehäreunasta laakerityynyn radiaalisesti ulompaan kehäreunaan. Lisäksi tukirakenne on muodostettu siten, että laakerityyny kallistuu kohti akselia mentäessä radiaalisesti ulottuvasta etureunasta takareunaan. Tällä tavoin muodostuu staattisesti kuormitettu kiila, joka on lähellä optimikiilaa. Lisäksi tyyny kallistuu akselia kohti ulommassa kehäreunassa muodostaen siten halutut nesteiden säilytysominaisuudet. Tukirakenteen jäykkyys voidaan myös suunnitella siten, että välittömästi akselin pyöriessä muodostuu tyynyjen ja akselin väliin asiaankuuluva tila.

Vaihtoehtoisesti laakeri voidaan rakentaa siten, että koko laakerityyny on kosketuksessa tuettavaan akseliosaan akselin ollessa lepotilassa. Tämä keksinnön näkökohta on erityisen käyttökelpoinen laakereiden suurtuotannossa ja laakereissa, joissa käytetään kaasuvoitelunesteitä, koska se mahdollistaa koneistustoleranssien paljon suuremman vaihtelun. Eräissä esimerkeissä voidaan saada aikaan se, että 0,003 tuuman vaihtelulla on merkityksetön vaikutus kiilaan, kun taas tunnettujen kaasulaakereiden tavanomainen koneistus vaatii toleranssin 0,00000x, joka voidaan saavuttaa ainoastaan käyttämällä erittäin monimutkaisia ja kalliita koneistusmenetelmiä, kuten mikrotuumakoneistusta etsauksen avulla.

Keksinnön erään toisen näkökohdan mukaisesti aikaisemmin kuvattujen hydrodynaamisten laakereiden mukaisesti valmistetut

hydrodynaamiset radiaaliset laakerit voidaan rakentaa siten, että ne sovitetaan kiinnitettäväksi pyörivään akseliin liikumaan akselin mukana tai runkokotelossa olevan staattisen tukipinnan suhteen. Pyörivään akseliin kiinnitettäväksi sovitettujen laakereiden yleisrakenne on samanlainen kuin yllä kuvattujen yleislaakereiden rakenne, mutta rakenne on radiaalisesti käänteinen. Johtuen tuen käänteisestä suuntauksesta, on rakenteessa luonnollisesti eroja. Esimerkiksi akselin mukana pyörivät laakereiden hahlotyyntyosat on tuettu radiaalisesti sisäänpäin ulottuvalle tukirakenteelle. Tukirakenne tukee laakerityynyjä taipumaan radiaalisesti sisäänpäin ja ulospäin hydrodynaamisen kiilan muodostamiseksi runkokotelon tasaisen osan suhteen. Laakerin pyöriessä akselin mukana keskipakoisvoima vaikuttaa laakerityynyihin pyrkien pakottamaan laakerityynyt ulospäin kohti runkokotelon tasaista pintaa.

Eräs esimerkki tällaisesta laakerirakenteesta on esitetty kuviossa 44. Tämä laakeri on periaatteessa radiaalisesti käännetty versio kuvioiden 4 - 6 mukaisesta laakerista. Laakerissa 130 on ulkohalkaisija, joka on olennaisesti sylinterimäinen mutta jaettu useiksi kehällä oleviksi laakerityynyiksi 131. Esitetyt laakerityynyt ovat suhteellisen paksuja kahdesta syystä. Ensinnäkin paksuus estää laakerityynyn 131 deformatioiden. Toiseksi paksuus lisää laakerityynyjen 131 massaa siten, että akselin pyöriessä lisääntyy se keskipakoisvoima, joka pyrkii vetämään laakerityynyt 131 ulospäin. Johtuen tyynyjen 131 pyrkimyksestä taipua ulospäin voidaan laakerit mitoittaa siten, että niissä on välykset runkokotelon suhteen. Luonnollisesti haluttaessa voidaan tyynyt 131 muodostaa ohuemmiksi tyynyn deformaation sallimiseksi ja/tai keskipakoisvoiman vaikutuksen rajoittamiseksi.

Yllä mainitut näkökohdat koskevat kaikkia keksinnön mukaisia laakereita, jotka on suunniteltu kiinnitettäväksi akseliin. Tällaisten erityyppisten laakereiden välinen ero on tukira-

kenteissa, joita käytetään tukemaan laakerityynyjä. Yleisesti ottaen mitkä tahansa yllä kuvatut radiaaliset laakeritukirakenteet voidaan sovittaa käytettäväksi laakerityynyjen 131 tukirakenteena. Tukien käänteisestä suuntauksesta johtuen on kuitenkin olemassa eroja. Kuviossa 44 esitetyssä laakerirakenteessa tyynyt 131 on tuettu primääriselle tukiosalle 132, johon kuuluu useita ensimmäisiä tappimaisia tai radiaalisia palkkeja 132a, kehäpalkkeja 132b ja toisia tappimaisia tai radiaalisia palkkeja 132c. Primäärinen tukiosa 132 ja laakerityynyt 131 on tuettu yhtenäiselle membraanille 133, joka toimii sekundäärisenä tukiosana. Esitetyllä tavalla membraani 133 on hyvin ohut radiaalisessa suunnassa (ja siis taipuu tähän suuntaan) ja se ulottuu tukipalkkien tai -jalkojen 134 välillä, jotka jälkimmäiset toimivat tertiäärisenä tukiosana. Samoin kuin kuvioden 4 - 6 mukaisessa laakerissa voidaan membraani 133 jakaa useiksi aksiaalisesti ulottuviksi palkeiksi tekemällä membraanin läpi radiaalisia uurtoja. Kuvioissa 43A ja 43B esitetyssä suoritusmuodossa tukipalkit tai -jalat 134 ovat yhtenäisiä sylinterimäisiä osia ja suhteellisen jäykkiä siten, että ohut membraani 133 on tuettuna trampolinimaisesti. Samoin kuin aikaisemmin kuvattujen muiden laakereiden kohdalla voi tukijalkojen rakenne olla erilainen.

Kuviossa 43 esitetyn laakerin rakenne on suunniteltu yksisuuntaisen tuen muodostamiseksi. Tarkemmin sanoen kuviossa 44 esitetty tukirakennejärjestely tukee tyynyä siten, että ne taipuvat oikealla tavalla ainoastaan silloin, kun laakeri pyörii tarkoitettuun suuntaan. Tällaisen pyörimisen tapahtuessa etureuna (tukirakenteesta kauimpana oleva reuna) taipuu sisään päin ja pois päin runkokotelosta ja takareuna taipuu ulospäin kohti runkokoteloä hydrodynaamisen kiilan muodostamiseksi laakerityynyjen ja runkokotelon väliin.

Kuviossa 45 on esitetty eräs toinen laakeri, joka on sovitettu asennettavaksi pyörimään akselin mukana. Tämä laakeri on ra-

diaalisesti käänteinen versio kuviossa 32 esitetystä laakerista. Laakeri on samanlainen kuin kuvion 44 yhteydessä esitetty. Näiden kahden rakenteen välinen ero on pääasiallisesti tukirakenteen konstruktiossa. Kuvion 45 mukaiseen rakenteeseen kuuluu esimerkiksi aksiaalisesti ulottuvat palkit tai jalkaosat 134 sen sijaan, että niissä olisi kuvion 44 mukaisen laakerin yhtenäiset kehäjalat. Samoin primääriseen tukeen kuuluu symmetrinen järjestely kulmittain olevia palkkeja 132d ja 132e. Symmetrisen rakenteensa ansiosta tämä laakeri on kaksisuuntainen. Laakeri on myös helposti valettavissa muottiin, koska siinä ei ole "piilossa olevia" aukkoja.

Pyöritettäessä laakeria runkokotelon suhteen tukirakenne taipuu siten, että tyynyn ja runkokotelon väliin muodostuu hydrodynaaminen kiila.

Samalla tavoin mitä tahansa yllä kuvattua yleistä laakerirakennetta voidaan soveltaa käytettäväksi laakerina, joka asennetaan kiinteän pinnan suhteen pyörivään akseliin. Yleisesti ottaen rakenne tarvitsee ainoastaan kääntää päinvastaiseksi yllä esitetyllä tavalla.

Yleensä mikä tahansa yllä kuvattu laakeri tai mikä tahansa tällaisten laakereiden yhdistelmä voidaan sulkea tässä esitetyn tyyppiseen tiivistettyyn runkokoteloon. Normaalisti tiivistettyä laakeriyksikköä rakennettaessa kunkin laakerin kotelo tai runko-osa on kiinnitetty runkokotelon staattisiin osiin ja tyynyt on sijoitettu siten, että ne tukevat akseliin pyörivästi kiinnitettyä pintaa. Luonnollisesti tiivistettyyn runkokoteloon voidaan sulkea muunkinlaisia hydrodynaamisia laakereita. Näyttää esimerkiksi siltä, että US-patentissa n:o 4,676,668 esitetyt laakerityynyt sopivat erityisen hyvin käytettäviksi tiivistetyssä laakerikotelossa.

Kuviossa 42 on esitetty rakenne, jossa staattinen runko-osa 2

toimii yksittäisten tyynyjen 420 kannattimena. Tyynyjen 420 pinnat on sovitettu tukemaan pyörivän runko-osan 3 tasopintaa. Tässäkin tapauksessa pyörivä runko-osa 3 pyörii akselin 5 mukana staattisen runko-osan 2 suhteen. Tällä tavoin tyynyt 420 tukevat työntökuormituksia, jotka vaikuttavat akseliin pyörivän runko-osan kautta.

Pieninä määrinä tässä esitettyjä laakereita rakennetaan edullisesti sähköpurkauskoneistuksella tai laserleikkausmenetelmällä. Piirustuksissa esitetyt kaksoisviivat ovat halkaisijaltaan tyypillisesti 0,50 - 1,52 mm olevan langan tai säteen varsinaisia kulkuratoja. Sähköpurakauksella koneistettuihin ratoihin virtaava voiteluaine toimii nestevaimentimena, joka vähentää mahdollista tärinää tai epästabiilisuutta resonanssitaajuuksilla. Yllä kuvatuissa tilanteissa, joissa muodostetaan yhtenäinen sylinterimäinen membraani, vaimennus tapahtuu ilmatyynyn muodossa ja tällöin vaimennusominaisuudet ovat erittäin hyvät. Merittävä näkökohta rakenteessa on se, että tukirakenteen pituus ja suunta muodostavat tai aikaansaavat kuviossa 3 esitetyn sisäänpäin tapahtuvan taipumisen. Samoin itse tyynyjen pienet taipumiset kuormituksen suuntaan kuviossa 9 esitetyllä tavalla aiheuttavat epäkeskeisyyden muutoksia, jotka edelleen parantavat laakerin suorituskykyä. Voidaan todeta, että julkaisussa Faires, Design of Machine Elements laakerin keskipisteen ja akselin keksipisteen välistä etäisyyttä kutsutaan laakerin epäkeskeisyydeksi. Tämä terminologia on tuttua laakerin rakenteita tuntevalle ammattiväelle. Käytettäessä tätä uutta lähestymistapaa laakerin rakenteen tai konstruktion ja erityisesti palkin virittämiseksi tai sen jäykkyyden modifioimiseksi tiettyyn laakerin käyttötarkoitukseen sopivaksi saavutetaan helposti optimi suorituskyky. Viimeaikainen tietokoneanalyysi on osoittanut, että käytännöllisesti katsoen on mahdollista saavuttaa mikä tahansa jäykkyys tai taipuma.

Yllä esitetyllä tavalla valmistettaessa keksinnön mukaisia

laakereita pieninä määrinä tai prototyyppinä laakerit rakennetaan edullisesti sähköpurkauskoneistuksella tai laserleikkausmenetelmillä. Tällaiset pienet määrät tai prototyypit valmistetaan tavallisesti metallista. Haluttaessa kuitenkin valmistaa suurempia määriä tiettyä laakeria on taloudellisempaa käyttää muita valmistusmenetelmiä, jollaisia ovat esimerkiksi ruiskupuristus, valu, metallijauheen ruiskuvalu ja suulakepuristus. Tällaisten valmistusmenetelmien yhteydessä saattaa olla taloudellisempaa käyttää muovia, keramiikkaa, jauhemaisia metalleja tai komposiitteja keksinnön mukaisten laakereiden muodostamiseksi. Ilmeisesti tässä yhteydessä ei ole tarpeellista kuvata yksityiskohtaisesti tällaisia tunnettuja menetelmiä, kuten ruiskupuristus, valu, metallijauheen ruiskuvalu sintraamalla ja suulakepuristus. Samoin on ilmeistä, että heti, kun prototyyppilaakeri on rakennettu, menetelmä muotin tai vastaavan valmistamiseksi laakerin sarjatuotantoa varten on muotti- ja valualan ammattiväelle hyvinkin tuttua. Lisäksi on selvää, että vain tiettyjä keksinnön mukaisia laakerityyppejä voidaan soveltaa valmistettavaksi suurina määrinä suulakepuristamalla. Yleensä nämä ovat laakereita, jotka muodostetaan ainoastaan tekemällä kehäuria ja radiaalisia ja kehällä ulottuvia uurtoja tai rakoja, jotka ulottuvat aksiaalisesti koko laakerin pituudelta. Ts. näillä laakereilla on vakio tai muuten suulakepuristettavissa oleva poikkileikkaus.

Keksinnön erään toisen näkökohdan mukaisesti on uusi vahamallivalumenetelmä todettu erityisen käyttökelpoiseksi valmistettaessa keskisuuria määriä, esimerkiksi vähemmän kuin 5000 laakeria. Tämän valmistusmenetelmän mukaisesti vahamallikäsittelyn ensimmäinen vaihe on prototyyppilaakerin valmistus. Yllä esitetyllä ja jäljempänä yksityiskohtaisesti kuvatulla tavalla prototyyppi voidaan valmistaa monilla eri tavoin, mutta edullisesti se tehdään koneistamalla paksuseinäinen putki tai vastaava sylinterimäinen kappale. Suuremmissa laakereissa sylinterimäinen putkiosa koneistetaan tyypillisesti käyttämällä

sorvia etupinta- ja kehäurien muodostamiseksi sekä jyrsintä aksiaalisten ja radiaalisten porausten muodostamiseksi. Koneistettaessa pienempiä sylinterimäisiä putkia ovat sopivampia yleensä tekniikat, joissa käytetään vesisuihkuleikkausta, laseria ja sähköjohdinpurkaustekniikkaa. Kaikissa menetelmissä putkia kuitenkin tyypillisesti sorvataan ja jyrsitään suurempien urien muodostamiseksi.

Sen jälkeen, kun prototyyppilaakeri on muodostettu, voi olla edullista testata prototyyppi, jolloin varmistetaan, että laakeri toimii ennakoidulla tavalla. Tällaisen testauksen seurauksena voi olla välttämätöntä modifioida ja uudistaa prototyyppiä haluttujen tulosten aikaansaamiseksi.

Heti, kun tyydyttävä prototyyppi on aikaansaatu, muodostetaan prototyypistä kumimuotti. Tyypillisesti tässä vaiheessa prototyyppi päällystetään sulalla kumilla ja kumin annetaan kovettua siten, että prototyypistä muodostuu kumimuotti. Sen jälkeen prototyyppiä ympäröivä kumi halkaistaan ja prototyyppi poistetaan avoimen kumimuotin muodostamiseksi.

Heti kun kumimuotti on saatu aikaan, sitä käytetään vahavalun muodostamiseksi. Tässä vaiheessa tyypillisesti kaadetaan sulaa vahaa kumimuottiin ja vahan annetaan kovettua vahavalun muodostamiseksi laakerista.

Sen jälkeen, kun vahavalu on saatu aikaan, sitä käytetään kipsimuotin muodostamiseksi. Tässä vaiheessa tyypillisesti päällystetään vahavalu ja kipsi ja kipsin annetaan kovettua vahavalun ympärille kipsimuotin muodostamiseksi.

Sen jälkeen kipsimuottia voidaan käyttää laakerin muodostamiseksi. Sulaa laakerimateriaalia, erityisesti pronssia, kaadetaan kipsimuottiin vahavalun sulattamiseksi ja sen poistamiseksi muotista. Kipsimuotti siis täytetään sulalla laakeri-

materiaalilla ja sulanut vaha poistetaan kipsimuotista.

Sen jälkeen kun sulan laakerimateriaalin on annettu kovettua, kipsimuotti poistetaan laakerin ympäriltä ja laakeri saadaan aikaan.

Koska tässä valmistusmenetelmässä täytyy uhrata vahavalu, sitä kutsutaan investointivaluksi tai uhrausvaluksi.

Huolimatta siitä, että yllä kuvattu investointi- tai uhrausvalumenetelmä vaatii valuvahan uhraamista ja edellyttää sekä kumi- että kipsimuotin valmistamista ja on varsin työvoimavaltainen, se on osoittautunut kustannuksiltaan edulliseksi tarvittaessa keskisuuria määriä tiettyä laakeria, esimerkiksi vähemmän kuin 5000 yksikköä. Tämän menetelmän kustannustehokkuus kohtalaisen vähäisillä laakerimäärillä johtuu siitä, että tässä menetelmässä käytetyt muotit ovat paljon halvempia valmistaa kuin ruiskuvalussa tai jauhemaisen metallin valussa tarvittava monimutkainen muotti.

Kuten yllä todettiin, ensimmäinen vaihe vahamallivalumenetelmässä ja itse asiassa missä tahansa menetelmässä keksinnön mukaisten laakereiden valmistamiseksi on prototyyppilaakerin valmistus. Keksinnön erään toisen näkökohdan mukaisesti voidaan muodostaa suhteellisen monimutkaisia akseli- ja kantalaakereita käyttämällä yksinkertaisia valmistusmenetelmiä. Samanlaisia menetelmiä käytetään sekä kanta- että akselilaakereihin.

Yllä kuvatun valossa on ilmeisesti riittävää kuvata yksittäisen akselin laakerin valmistusmenetelmä käyttämällä sähköpurkausvalmistusta ja koneistusta. Ilmeisesti tällaisen valmistuksen kuvaus osoittaa sen helppouden, jolla keksinnön mukaiset suhteellisen monimutkaiset laakerimuodot voidaan saada aikaan.

Kukin laakeri on aluksi sylinterimäisenä aihiona, jossa on

kuvioissa 11A ja 11B esitetyn kaltainen sylinterimäinen poraus. Sen jälkeen aihio koneistetaan kuvioissa 12A ja 120 esitetyn radiaalisen voitelunesteuran muodostamiseksi. Tietyissä käyttö-tarkoituksissa on edullista koneistaa aihiota vielä lisää etupintaurien muodostamiseksi, jotka sijoittuvat edullisesti symmetrisesti laakerien radiaalisiin etupintoihin, kuten kuvioissa 13 ja 13B on esitetty. Tällaisten etupintaurien muodostaminen aikaansaa lopulta laakerin, jota on helppo vääntötaivuttaa. Vaikka kuvioissa 13A ja 130 esitetty ura on sylinterimäinen, on mahdollista muodostaa kuvioissa 14A ja 14B esitetyn kaltaisia kartiomaisia uria. Kuten jäljempänä selviää, tällöin saadaan aikaan laakeri, jolla on entistä paremmat taipumisominaisuudet johtuen tukipalkkien kulmittaisesta suuntauksesta. Tässä yhteydessä voidaan todeta, että kuviossa 14A esitetyllä tavalla on edullista tehdä tukipalkit kartiomaisiksi pitkin viivoja, jotka suppenevat mentäessä akselin keskiviivan lähellä olevaan pisteeseen. Tällä varmistetaan se, että joustavuus tai taipuisuus tapahtuu akselin keskiviivan suhteen muodostamalla koko järjestelmän vaikutuskeskipiste siten, että tyyntyt pääsevät säätymään akselin suuntausvirheen mukaisesti. Itse asiassa tukipalkkien kartiomainen muoto saattaa laakerin toimimaan pallomaisen laakerin tapaan keskittämällä tukivoimat yhteen pisteeseen, jonka ympäri akseli pääsee kääntymään kaikkiin suuntiin mahdollisen suuntausvirheen korjaamiseksi. Kuviossa 14A olevat nuolet osoittavat taipumisen vaikutuslinjat.

Kuvioissa 12A ja 14A olevilla poikkileikkauksilla varustetut laakerit ovat erityisen tehokkaita hydrodynaamisen nesteen säilyttämisessä. Tämä johtuu siitä, että laakerityynyä tuetaan läheltä laakerityynyn aksiaalisia päitä ja laakerityynyn keskiosaa ei suoraan tueta. Tämän rakenteen ansiosta laakerityyny on tuettuna siten, että se deformatuu kuormituksen alaisena muodostaen nesteen säilyttävän koveran taskun, eli laakerityynyn keskiosa taipuu radiaalisesti ulospäin. Tämä vähentää suuresti

nesteen vuotoa. Luonnollisesti taskun muodostumisaste riippuu laakerityynyn ja tukirakenteen keskinäisistä mitoista. Suurempi nesteen säilytystasku voidaan saada aikaan muodostamalla ohuempi laakerityynyn pinta ja tukemalla tyynypintaa aivan laakerityynyn aksiaalisista päistä.

Sen jälkeen, kun sylinterimäinen aihio on kunnolla koneistettu kuvioissa 12A ja 12O, kuvioissa 13A ja 13B tai kuvioissa 14A ja 14B esitetyllä tavalla, muodostetaan radiaalisia ja/tai kehämäisiä rakoja tai uria koneistetun aihion radiaaliseen pintaan laakerityynyjen, palkkitukien ja runkokotelon muodostamiseksi. Kuvioissa 14C ja 14D on esitetty tällaisia uria, jotka on muodostettu kuvioiden 14A ja 14O mukaiseen koneistettuun aihioon. Valmistettaessa pieniä määriä laakereita tai laakereiden prototyyppejä käytettäväksi muotin konstruoinnissa muodostetaan edullisesti uurtoja tai rakoja sähköpurkausvalmistuksella tai laseria käyttämällä. Sylinterimäisten aihoiden koneistus kuvioissa 12A ja 12B, kuvioissa 13A ja 13B, kuvioissa 14A ja 14B esitettyjen rakenteiden tai vastaavan muodon aikaansaamiseksi voidaan tehdä tavanomaisilla työstökoneilla, kuten sorvilla tai vastaavalla.

Vaikka yllä oleva esitys käsittelee erityisesti akselin laakereita, periaatteet pätevät aivan yhtä hyvin kanta- tai painelaakereihin. Esimerkiksi kuvioissa 15 - 18 esitetty kantalaakeri voidaan muodostaa koneistamalla kappale paksuseinäistä putkea radiaalisten sisä- ja ulkourien, pintaaurien, aksiaalisten porausten, radiaalisten uurtojen ja viisteiden muodostamiseksi laakerityynyjen ja tukirakenteen aikaansaamiseksi.

Esillä olevan keksinnön mukaisten laakereiden suorituskykyominaisuudet ovat seurausta laakerityynyjen ja palkkitukien keskinäisestä muodosta, koosta, sijaintipaikasta ja materiaaliominaisuuksista, jolloin kyseiset osat muodostetaan tekemällä

porauksia ja uurtoja tai rakoja koneistettuun aihioon. Laakeriin muodostettujen radiaalisten kehäporausten, uurtojen tai rakojen mitat ja sijaintipaikka määräävät suuressa määrin nämä parametrit yhdessä koneistetun aihion muodon kanssa, johon aihioon poraukset tai raot muodostetaan laakerin aikaansaamiseksi.

Vaikka keksinnön mukaisten laakereiden rakenne tulee yllä esitetyllä tavalla helposti ymmärretyksi tarkastelemalla koneistusprosessia, suurempia määriä valmistetaan kuitenkin edullisesti keksinnön mukaisella vahamallivalumenetelmällä ja keksinnön mukaisten laakereiden vielä suurempi tuotanto voidaan suorittaa taloudellisemmin ruiskupuristuksella, valamalla, jauhemaisella metallilla, ruiskuvalulla, suulakepuristuksella tai jollakin vastaavalla menetelmällä.

Suulakepuristettaessa suuri määrä laakereita putkimaisesta sylinterimäisestä aihioista voidaan muodostaa kuvioissa 12A ja 120 esitetyn kaltaisia radiaalisia voitelunesteuria putkimaisen sylinterimäisen aihion pituudelta ennen suulakepuristusta. Mikäli laakerissa kuitenkin tarvitaan etupintauria, nämä voidaan yksittäisesti muodostaa sen jälkeen, kun yksittäiset laakerit on leikattu irti suulakepuristetusta ja koneistetusta aihioista. Tästä syystä suulakepuristus ei kenties ole edullinen menetelmä sellaisten laakereiden valmistamiseksi, joissa tarvitaan etupintauria vääntötaipuisuuden parantamiseksi.

Patenttivaatimukset

1. Tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että laakeriin kuuluu: tiivistetty runkokotelo, johon kuuluu staattinen runko-osa, pyörivä runko-osa ja useita tiivisteitä nestetiivistyksen muodostamiseksi staattisen runko-osan ja pyörivän runko-osan väliin runkokotelon sisäosien tiivistämiseksi; staattiseen runko-osaan kiinnitetty hydrodynaaminen laakeri, jolloin hydrodynaamiseen laakeriin kuuluu yhtenäinen sylinterimäinen osa, jossa on radiaalinen sisäpinta, radiaalinen ulkopinta ja kaksi tasomaista aksiaalista pintaa ja jolloin mainittuun sylinterimäiseen osaan on muodostettu useita radiaalisia uurtoja, jotka on tehty osan tasomaiseen aksiaaliseen pintaan ja ainakin yksi sylinterimäinen ura, joka ulottuu radiaalisesti ulospäin radiaalisesta sisäpinnasta ja sylinterimäinen ura, joka ulottuu radiaalisesti sisäänpäin radiaalisesta ulkopinnasta, jolloin mainitut radiaaliset uurrot ja sylinterimäiset urat muodostavat yhdessä useita kehällä välimatkan päässä toisistaan olevia laakerityynyjä ja jolloin yhtenäiseen tukirakenteeseen kuuluu ainakin yksi integraalinen palkkimainen osa, joka tukee kutakin tyynyä ja kussakin tyynyssä on kehämäisästi ulottuvat ja radiaalisesti ulottuvat reunat ja jolloin aksiaalisuuntainen akseli tarttuu etupintaan ja kunkin tyynyn yksi radiaalisesti ulottuva reuna on etureuna ja kunkin tyynyn toinen radiaalisesti ulottuva reuna on taka-reuna, jolloin tyynyn etupinta on sovitettu pintaan kohdistuvan kitkan ja paineen vaikutuksesta kääntymään tukiosan suhteen siten, että tyynyn etupinnan taka- ja etureunat taipuvat muodostaen suppenevan kiilan.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että kukin tiiviste sisältää ferronestettä, johon vaikuttaa magneettikenttä nestesulun muodostamiseksi staattisen runko-osan ja pyörivän runko-osan

väliin.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että staattisessa runko-osassa on kaksi aksiaalista päätä, jolloin kummassakin aksiaalisessa päässä on radiaalisessa suunnassa sisin reuna ja pyörivässä runko-osassa on kaksi aksiaalista päätä, jolloin kummassakin aksiaalisessa päässä on radiaalisesti uloin pinta, jolloin pyörivän runko-osan päiden radiaalisesti uloimmat pinnat ovat välimatkan päässä staattisen runko-osan päiden radiaalisesti sisimmistä pinnoista siten, että tiivistetyn runkokotelon vastakkaisiin aksiaalisiin päihin muodostuu radiaalinen rako;

useisiin tiivisteteisiin kuuluu magneetti, joka on sijoitettu staattisen runko-osan päiden toiseen radiaalisesti sisimpään reunaan ja pyörivän runko-osan päiden radiaalisesti uloimpaan reunaan, jolloin ferroneste olennaisesti täyttää mainitun radiaalisen raon ja magneettien magneettikenttä saattaa ferronesteen muodostamaan nestesulun mainittuun radiaaliseen rakoon.

4. Tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että laakeriin kuuluu:

tiivistetty runkokotelo, johon kuuluu staattinen runko-osa, pyörivä runko-osa, useita tiivisteitä nestetiivistyksen aikaansaamiseksi staattisen runko-osan ja pyörivän runko-osan väliin runkokotelon sisäosan tiivistämiseksi,

staattiseen runko-osaan kiinnitetty hydrodynaaminen laakeri, johon hydrodynaamiseen laakeriin kuuluu:

sylinterimäinen putki, jossa on sylinterimäinen poraus ja useita radiaalisia uurtoja ja sylinterimäisiä uria muodostettuna siihen, jolloin mainittu poraus ja mainitut uurrot muodostavat useita radiaalisesti välimatkan päässä toisistaan olevia laakerityynyosia sekä yhtenäinen tukirakenne kunkin laakerityynyn tukemiseksi;

jolloin kuhunkin mainittuun tyyntyosaan kuuluu olennaisesti tasomainen kuormituksen vastaanottava pintaosa ja yhtenäiseen tukirakenteeseen kuuluu ainakin yksi useista palkkimaisista osista ja membraani, josta ainakin osa ulottuu olennaisesti yhdensuuntaisesti mainittujen useiden laakerityynyjen etupintaosien kanssa, jolloin mainituissa etupintaosissa on kuormituksen vastaanottava pinta mainitun akselin vastakkaisen keskinäisesti liikkuvan osan operatiiviseksi tukemiseksi, jolloin mainitut etupintaosat on sovitettu mainittuun kuormituksen vastaanottavaan pintaan kohdistuvan kitkan ja paineen vaikutuksesta liikkumaan akselin aksiaalisen osan suhteen siten, että muodostuu suppeneva kiilamuoto mainitun akseliosan operatiiviseksi tukemiseksi laakerimaisesti kantamalla, jolloin mainittu tukirakenne kannattaa mainittua laakerityynyä siten, että aikaansaadaan ainakin joko aksiaalinen taipuma tai torsionaalinen kiertymä.

5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että kussakin laakerissa on ferronestettä, johon vaikuttaa magneettikenttä nestesulun muodostamiseksi staattisen runko-osan ja pyörivän runko-osan väliin.

6. Patenttivaatimuksen 4 mukainen tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että staattisessa runko-osassa on kaksi aksiaalista päätä, jolloin kummassakin aksiaalisessa päässä on radiaalisesti sisin reuna ja pyörivässä runko-osassa on kaksi aksiaalista päätä, jolloin kummassakin aksiaalisessa päässä on radiaalisesti uloin pinta, jolloin pyörivän runko-osan päiden radiaalisesti uloimmat pinnat ovat välimatkan päässä staattisen runko-osan päiden radiaalisesti sisimmistä pinnoista siten, että tiivistetyn runkokotelon vastakkaisiin aksiaalsiin päihin muodostuu radiaalinen rako; jolloin mainittuihin useisiin tiivisteksiin kuuluu magneetti, joka on sijoitettu staattisen runko-osan päiden toiseen

radiaalisesti sisimpään reunaan ja pyörivän runko-osan päiden radiaalisesti uloimpaan reunaan ja jolloin ferroneste olennaisesti täyttää mainitun radiaalisen raon ja magneettien magneettikenttä saattaa mainitun ferronesteen muodostamaan nestesulun mainittuun radiaaliseen rakoon.

7. Tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että laakeriin kuuluu:

tiivistetty runkokotelo, jossa on staattinen runko-osa, pyörivä runko-osa,

useita tiivisteitä nestetiivistyksen muodostamiseksi staattisen runko-osan ja pyörivän runko-osan väliin runkokotelon sisäosan tiivistämiseksi ja

hydrodynaaminen laakeri, joka on kiinnitetty joko staattiseen runko-osaan tai pyörivään runko-osaan ja jolloin hydrodynaamiseen laakeriin kuuluu:

yhtenäinen sylinterimäinen runko, jossa on keskiporaus ja jossa rungossa on useita radiaalisia uurtoja ja useita uria useiden välimatkan päässä toisistaan olevien laakerityynyjen muodostamiseksi, jolloin kukin mainittu laakerityyny on tuettuna joustavalle membraanille ja mainittu membraani päästää tyynyn liikkumaan mihin tahansa suuntaan kiilanmuodostuksen optimoimiseksi ja jolloin mainittu membraani aikaansaa nestevaimennuksen ainakin yhteen suuntaan.

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että kussakin tiivisteessä on ferronestettä, johon vaikuttaa magneettinen kenttä siten, että staattisen runko-osan ja pyörivän runko-osan väliin muodostuu nestesulku.

9. Patenttivaatimuksen 7 mukainen tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että staattisessa runko-osassa on kaksi aksiaalista päätä, jolloin kummassakin aksiaalisessa päässä on radiaalisesti sisin reuna ja pyörivässä

runko-osassa on kaksi aksiaalista päätä, jolloin kummassakin aksiaalisessa päässä on radiaalisesti uloin pinta ja pyörivän runko-osan päiden radiaalisesti uloimmat pinnat on järjestetty välimatkan päähän staattisen runko-osan päiden radiaalisesti sisimmistä pinnoista siten, että tiivistetyn runkokotelon vastakkaisiin aksiaalisiin päihin muodostuu radiaalinen rako; useisiin tiivisteisiin kuuluu magneetti, joka on sijoitettu staattisen runko-osan päiden toiseen radiaalisesti sisimpään reunaan ja pyörivän runko-osan päiden radiaalisesti uloimpaan reunaan, jolloin ferroneste täyttää olennaisesti mainitun radiaalisen raon ja magneettien magneettikenttä saattaa mainitun ferronesteen muodostamaan nestesulun mainittuun radiaaliseen rakoon.

10. Tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että laakeriin kuuluu:

tiivistetty runkokotelo, johon kuuluu staattinen runko-osa; pyörivä runko-osa;

useita tiivisteitä nestetiivistyksen muodostamiseksi staattisen runko-osan ja pyörivän runko-osan väliin runkokotelon sisäosan tiivistämiseksi;

joko staattiseen runko-osaan tai pyörivään runko-osaan kiinnitetty hydrodynaaminen laakeri, johon hydrodynaamiseen laakeriin kuuluu:

useita välimatkan päässä toisistaan olevia laakerityynyjä, jolloin kussakin mainitussa tyynyssä on etureuna, takareuna ja tyynyn etupinta, joka ulottuu mainitun etureunan ja takareunan välillä;

tukirakenne, joka käsittää useita palkkimaisia tukiosia ja ainakin yhden tukipalkkiosan; jolloin kukin palkkimainen tukiosa on välimatkan päässä laakerityynystä ja jatkeosa yhdistää mainitun laakerityynyn palkkimaiseen osaan ja tukee mainittua laakerityynyä siten, että se pääsee liikkumaan palkkimaisen osan suhteen; ja jolloin mainittu palkkimainen osa on tuettuna mainitulle tukipalkkiosalle liikkuvasti sen

suhteen.

11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että kuhunkin tiivisteseeseen kuuluu ferroneste, johon vaikuttaa magneettikenttä nestesulun muodostamiseksi staattisen runko-osan ja pyörivän runko-osan väliin.

12. Patenttivaatimuksen 10 mukainen tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että staattisessa runko-osassa on kaksi aksiaalista päätä ja kummassakin aksiaalisessa päässä on radiaalisesti sisin reuna ja pyörivässä runko-osassa on kaksi aksiaalista päätä ja kummassakin aksiaalisessa päässä on radiaalisesti uloin pinta, jolloin pyörivän runko-osan päiden radiaalisesti uloimmat pinnat ovat välimatkan päässä staattisen runko-osan päiden radiaalisesti sisimmistä pinnoista siten, että tiivistetyn runkokotelon vastakkaisiin aksiaalisiin päihin muodostuu radiaalinen rako; useat tiivisteteet käsittävät magneetin, joka on sijoitettu joko staattisen runko-osan päiden radiaalisesti sisimpiin reunoihin tai pyörivän runko-osan päiden radiaalisesti uloimpiin reunoihin ja jolloin ferroneste täyttää olennaisesti mainitun radiaalisen raon ja magneettien magneettikenttä saataa ferronesteen muodostamaan nestesulun mainittuun radiaaliseen rakoon.

13. Tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että laakeriin kuuluu: tiivistetty runkokotelo, johon kuuluu staattinen runko-osa; pyörivä runko-osa; tiivisteosa nestetiivistyksen muodostamiseksi staattisen runko-osan ja pyörivän runko-osan väliin runkokotelon sisäosan tiivistämiseksi; staattiseen runko-osaan kiinnitetty hydrodynaaminen laakeri, johon hydrodynaamiseen laakeriin kuuluu:

useita kehällä välimatkan päässä toisistaan olevia laakerityynyjä, jolloin kuhunkin laakerityynyyn kuuluu etureuna, takareuna ja akseliin tarttuva laakeripinta; yhtenäinen tukirakenne kunkin laakerityynyn tukemiseksi, joka tukirakenne on muotoiltu tukemaan tyynyjä siten, että ne pääsevät liikkumaan kuusiasteisella vapaudella optimitavalla siten, että normaalikuormituksen alaisena tyynyn takareuna taipuu kohti akseliosaa ja kunkin tyynyn etureuna taipuu pois päin akseliosasta siten, että takareuna on lähempänä akseliosaa kuin etureuna.

14. Patenttivaatimuksen 13 mukainen laakeri, t u n n e t t u siitä, että laakerityynyt ovat samaa kappaletta mainittujen tukirakenteiden kanssa.

15. Tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että laakeriin kuuluu: tiivistetty runkokotelo, johon kuuluu staattinen runko-osa; pyörivä runko-osa; tiivisteosa nestetiivistyksen muodostamiseksi staattisen runko-osan ja pyörivän runko-osan väliin runkokotelon sisäosan tiivistämiseksi; joko staattiseen runko-osaan tai pyörivään runko-osaan kiinnitetty hydrodynaaminen laakeri, johon hydrodynaamiseen laakeriin kuuluu: useita välimatkan päässä toisistaan olevia laakerityynyjä, jolloin laakerityynyihin kuuluu etureuna, takareuna ja laakeripinta, joka ulottuu etureunan ja takareunan välillä ja jolloin kutakin laakerityynyä tukee yhtenäinen tukirakenne tyynyn päästämiseksi liikkumaan kuusiasteisella vapaudella ja jolloin mainittu tukirakenne kannattelee laakerityynyjä siten, että laakerityynyillä on ennalta määrätty jäykkyys, laakerityynyn etupintojen ja akseliosan väliin sijoitettu nestekalvo, jolla nestekalvolla on ominaisjäykkyys ja jolloin nestekalvon jäykkyys on suurempi kuin laakerityynyjen jäykkyys siten, että

nestekalvo aikaansaa laakerityynyjen taipumisen akseliosaa pyöritettäessä.

16. Patenttivaatimuksen 15 mukainen tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että kukin tiiviste käsittää ferronesteen, johon vaikuttaa magneettikenttä nestesulun muodostamiseksi staattisen runko-osan ja pyörivän runko-osan väliin.

17. Patenttivaatimuksen 15 mukainen tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että staattisessa runko-osassa on kaksi aksiaalista päätä ja kummassakin aksiaalisessa päässä on radiaalisesti sisin reuna ja pyörivässä runko-osassa on kaksi aksiaalista päätä ja kummassakin aksiaalisessa päässä on radiaalisesti uloin pinta, jolloin pyörivän runko-osan päiden radiaalisesti uloimmat pinnat ovat välimatkan päässä staattisen runko-osan päiden radiaalisesti sisimmistä pinnoista siten, että tiivistetyn runkokotelon vastakkaisiin aksiaalisiin päihin muodostuu radiaalinen rako; useisiin tiivisteisiin kuuluu joko staattisen runko-osan päiden radiaalisesti sisimpiin reunoihin tai pyörivän runko-osan päiden radiaalisesti uloimpiin reunoihin sijoitettu magneetti sekä ferroneste, joka olennaisesti täyttää mainitun radiaalisen raon, jolloin magneettien magneettikenttä saattaa mainitun ferronesteen muodostamaan nestesulun mainittuun radiaaliseen rakoon.

18. Tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että laakeriin kuuluu: tiivistetty runkokotelo, johon kuuluu staattinen runko-osa; pyörivä runko-osa; tiivisteosa nestetiivistyksen muodostamiseksi staattisen runko-osan ja pyörivän runko-osan väliin runkokotelon sisäosan tiivistämiseksi; staattiseen runko-osaan kiinnitetty hydrodynaaminen laakeri,

johon hydrodynaamiseen laakeriin kuuluu: useita akselin tukityynyjä, jotka ovat välimatkan päässä toisistaan ajatellun akselin ympärillä; jolloin kussakin akselin tukityynyssä on olennaisesti tasomainen akselin tukityynyn pinta, joka on olennaisesti poikittaisessa tasossa siihen ajateltuun akseliin nähden, jonka ympärille tyynyt on sijoitettu; ainakin yksi tyynyn tukipalkki, joka tukee kutakin akselin tukityynyä, jolloin kukin tyynyn tukipalkki ulottuu poikittain pois päin akselin tukityynyn pinnasta ja yhdensuuntaisesti mainitun ajatellun akselin kanssa; ainakin yksi palkin tukiosa, johon palkin tukiosaan kuuluu yksi useista palkeista sekä kalvo tai membraani ja jolloin palkin tukiosa on muotoiltu siten, että se tukee kutakin tyynyn tukipalkkia päästäten sen liikkumaan kuusiasteisella vapaudella siten, että normaalikuormituksen alaisena muodostuu hydrodynaaminen optimikiila; sekä lisätukiosa, joka on muotoiltu tukemaan palkin tukiosaa sen päästämiseksi liikkumaan kuusiasteisella vapaudella hydrodynaamisen optimikiilan muodostamiseksi normaalikuormituksen alaisena.

19. Patenttivaatimuksen 18 mukainen tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että tiivistisiin kuuluu ferroneste, johon magneettikenttä vaikuttaa nestesulun muodostamiseksi staattisen runko-osan ja pyörivän runko-osan väliin.

20. Patenttivaatimuksen 18 mukainen tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että staattisessa runko-osassa on kaksi aksiaalista päätä ja kummassakin aksiaalisessa päässä on radiaalisesti sisin reuna ja pyörivässä runko-osassa on kaksi aksiaalista päätä ja kummassakin aksiaalisessa päässä on radiaalisesti uloin pinta, jolloin pyörivän runko-osan päiden radiaalisesti uloimmat pinnat ovat välimatkan päässä staattisen runko-osan päiden radiaalisesti sisimmistä pinnoista siten, että tiivistetyn runkokotelon vastakkaisiin aksiaalisiin päihin muodostuu radiaalinen rako;

useisiin tiivistettäisiin kuuluu magneetti, joka on sijoitettu joko staattisen runko-osan päiden radiaalisesti sisimpiin reunoihin tai pyörivän runko-osan päiden radiaalisesti uloimpiin reunoihin sekä ferroneste, joka olennaisesti täyttää mainitun radiaalisen raon, jolloin magneettien magneettikenttä saattaa mainitun ferronesteen muodostamaan nestesulun mainittuun radiaaliseen rakoon.

21. Yhtenäinen osa pyörivän akselin tukemiseksi, t u n - n e t t u siitä, että mainittuun osaan kuuluu useita akselin tukityynyjä; tyynyn tukirakenne, jolloin akselin tukirakenne tukee kutakin akselin tukityynyä sen päästämiseksi liikkumaan kuusiasteisella vapaudella hydrodynaamisen kiilan muodostumisen optimoimiseksi kuormituksen alaisena; ainakin yksi piestosähköinen elementti sekä virransyöttöelin virran toimittamiseksi pietsosähköiseen elementtiin muutosten aiheuttamiseksi pietso-sähköisen elementin muotoon; jolloin pietsosähköinen elementti on sijoitettu siten, että sen muodonmuutokset muuttavat ainakin yhden akselin tukityynyn ja tukirakenteen suuntausta.

22. Patenttivaatimuksen 21 mukainen yhtenäinen osa, t u n - n e t t u siitä, että tyynyn tukirakenteeseen kuuluu primäärinen tukiosa, sekundäärinen tukiosa ja tertiäärinen tukiosa.

23. Tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että laakeriin kuuluu:

tiivistetty runkokotelo, johon kuuluu staattinen runko-osa; pyörivä runko-osa;

tiivistejärjestely nestetiivistyksen muodostamiseksi staattisen runko-osan ja pyörivän runko-osan väliin runkokotelon sisäosan tiivistämiseksi;

joko pyörivään runko-osaan tai staattiseen runko-osaan kiinnitetty hydrodynaaminen laakeri, johon hydrodynaamiseen laakeriin kuuluu:

useita laakerityynyjä ja tukirakenne laakerityynyjen tukemi-

seksi ja päästämiseksi liikkumaan kuusiasteisella vapaudella; ja ainakin yksi pietsosähköinen elementti, jonka pietsosähköisen elementin muoto on selektiivisesti muutettavissa ja pietsosähköinen elementti on sijoitettu siten, että sen muodon muuttuessa ainakin yhden laakerityynyn ja tukirakenteen suuntaus muuttuu.

24. Patenttivaatimuksen 23 mukainen tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että kuhunkin tiivisteseen kuuluu ferroneste, johon magneettikenttä vaikuttaa nestesulun muodostamiseksi staattisen runko-osan ja pyörivän runko-osan väliin.

25. Patenttivaatimuksen 23 mukainen tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että staattisessa runko-osassa on kaksi aksiaalista päätä ja kummassakin aksiaalisessa päässä on radiaalisesti sisin reuna ja pyörivässä runko-osassa on kaksi aksiaalista päätä ja kummassakin aksiaalisessa päässä on radiaalisesti uloin pinta, jolloin pyörivän runko-osan päiden radiaalisesti uloimmat pinnat ovat välimatkan päässä staattisen runko-osan päiden radiaalisesti sisimmistä pinnoista siten, että tiivistetyn runkokotelon vastakkaisiin aksiaalsiin päihin muodostuu radiaalinen rako; useisiin tiivisteisiin kuuluu magneetti, joka on sijoitettu joko staattisen runko-osan päiden radiaalisesti sisimpiin reunoihin tai pyörivän runko-osan päiden radiaalisesti uloimpiin reunoihin sekä ferroneste, joka olennaisesti täyttää mainitun radiaalisen raon, jolloin magneettien magneettikenttä saattaa mainitun ferronesteen muodostamaan nestesulun mainittuun radiaaliseen rakoon.

26. Tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että laakeriin kuuluu: tiivistetty runkokotelo, johon kuuluu staattinen runko-osa; pyörivä runko-osa;

tiivistejärjestely nestetiivistyksen muodostamiseksi staattisen runko-osan ja pyörivän runko-osan väliin runkokotelon sisäosan tiivistämiseksi;

joko pyörivään runko-osaan tai staattiseen runko-osaan kiinnitetty hydrodynaaminen laakeri, johon hydrodynaamiseen laakeriin kuuluu:

laakeri, jossa on useita kehämäisesti välimatkan päässä toisistaan olevia laakerityynyjä ja laakerityynyn tukirakenne;

jolloin laakerityynyn tukirakenteeseen kuuluu:

ainakin yksi palkkiosa, joka tukee kutakin mainituista useista laakerityynyistä; yhtenäinen membraani, joka tukee kutakin ensimmäistä palkkiosaa sekä useita palkkeja, jotka tukevat mainittua yhtenäistä membraania.

27. Patenttivaatimuksen 26 mukainen laakeri, t u n n e t t u siitä, että siihen kuuluu lisäksi ainakin yksi pietsosähköinen elementti, jonka pietsosähköisen elementin muoto on muutettavissa ja pietsosähköinen elementti on sijoitettu siten, että sen muodon muuttuessa ainakin yhden laakerityynyn suuntaus muuttuu.

28. Patenttivaatimuksen 26 mukainen tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että kuhunkin tiivisteeseen kuuluu ferroneste, johon magneettikenttä vaikuttaa nestesulun muodostamiseksi staattisen runko-osan ja pyörivän runko-osan väliin.

29. Patenttivaatimuksen 26 mukainen tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että staattisessa runko-osassa on kaksi aksiaalista päätä ja kumpaankin aksiaaliseen päähän kuuluu radiaalisesti sisin reuna ja pyörivässä runko-osassa on kaksi aksiaalista päätä ja kumpaankin aksiaaliseen päähän kuuluu radiaalisesti uloin pinta, jolloin pyörivän runko-osan päiden radiaalisesti uloimmat pinnat ovat välimatkan päässä staattisen runko-osan päiden radiaalisesti sisimmistä

pinnoista siten, että tiivistetyn runkokotelon vastakkaisiin aksiaalisiin päihin muodostuu radiaalinen rako; useita tiivisteitä, joihin kuuluu joko staattisen runko-osan päiden radiaalisesti sisimpiin reunoihin tai pyörivän runko-osan päiden radiaalisesti uloimpiin reunoihin sijoitettu magneetti sekä ferroneste, joka olennaisesti täyttää mainitun radiaalisen raon, jolloin magneettien magneettikenttä saattaa mainitun ferronesteen muodostamaan nestesulun mainittuun radiaaliseen rakoon.

30. Tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että laakeriin kuuluu: tiivistetty runkokotelo, johon kuuluu staattinen runko-osa; pyörivä runko-osa; tiivisteosa nestetiivistyksen muodostamiseksi staattisen runko-osan ja pyörivän runko-osan väliin runkokotelon sisäosan tiivistämiseksi; staattiseen runko-osaan kiinnitetty hydrodynaaminen laakeri, johon hydrodynaamiseen laakeriin kuuluu: useita kehämäisesti välimatkan päässä toisistaan olevia laakerityynyjä ja laakerityynyn tukirakenne; jolloin laakerityynyn tukirakenteeseen kuuluu: useita ensimmäisiä palkkiosia, jolloin kukin ensimmäinen palkkiosa tukee yhtä mainituista useista laakerityynyistä; useita toisia palkkiosia, jolloin kukin toinen palkkiosa tukee ensimmäistä palkkiosaa; ja ainakin yksi tukiosa, joka tukee mainittuja useita toisia palkkiosia.

31. Tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että laakeriin kuuluu: tiivistetty runkokotelo, johon kuuluu staattinen runko-osa; pyörivä runko-osa; useita tiivisteitä nestetiivistyksen muodostamiseksi staattisen runko-osan ja pyörivän runko-osan väliin runkokotelon sisäosan

tiivistämiseksi;

useita staattiseen runko-osaan kiinnitettyjä laakerityynyjä, jolloin kukin laakerityyny käsittää laakeripinnan, primäärisen tukiosan, sekundäärisen tukiosan ja tertiäärisen tukiosan.

32. Patenttivaatimuksen 31 mukainen laakeri, t u n n e t t u siitä, että primäärinen tukiosa on katkaistun kartion muotoinen elin.

33. Patenttivaatimuksen 31 mukainen laakeri, t u n n e t t u siitä, että primääriseen tukiosaan kuuluu useita kartiomaaisesti kallistettuja jalkoja, jotka suppenevat kohti tyynypinnan yläpuolella olevaa pistettä.

34. Patenttivaatimuksen 31 mukainen tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että kuhunkin tiivisteeseen kuuluu ferroneste, johon vaikuttaa magneettikenttä nestesulun muodostamiseksi staattisen runko-osan väliin.

35. Patenttivaatimuksen 31 mukainen tiivistetty hydrodynaaminen laakeri, t u n n e t t u siitä, että staattisessa runko-osassa on kaksi aksiaalista päätä ja kummassakin aksiaalisessa päässä on radiaalisesti sisin reuna ja pyörivässä runko-osassa on kaksi aksiaalista päätä ja kummassakin aksiaalisessa päässä on radiaalisesti uloin pinta, jolloin pyörivän runko-osan päiden radiaalisesti uloimmat pinnat ovat välimatkan päässä staattisen runko-osan päiden radiaalisesti sisimmistä pinnoista siten, että tiivistetyn runkokotelon vastakkaisiin aksiaalisiin päihin muodostuu radiaalinen rako;

useisiin tiivisteisiin kuuluu magneetti, joka on sijoitettu joko staattisen runko-osan päiden radiaalisesti sisimpiin reunoihin tai pyörivän runko-osan päiden radiaalisesti uloimpiin reunoihin sekä ferroneste, joka olennaisesti täyttää mainitun radiaalisen raon, jolloin magneettien magneettikenttä saattaa mainitun ferronesteen muodostamaan nestesulun mainit-

tuun radiaaliseen rakoon.

Patentkrav

1. Tätat hydrodynamiskt lager, k ä n n e t e c k n a t av, att till lagret hör:

ett tätat stomhölje bestående av en statisk stomdel, en roterbar stomdel och flera tätningar för en vätsketätning mellan den statiska stomdelen och den roterande stomdelen för tätning av stomhöljets innerdelar;

ett i den statiska stomdelen fäst hydrodynamiskt lager, varvid till det hydrodynamiska lagret hör en gemensam cylindrisk del, som har en radiell inneryta, en radiell ytteryta och två plana axiella ytor och varvid i nämnda cylindriska del bildats flera radiella skåror, vilka gjorts i delens plana axiella yta och åtminstone ett cylindriskt spår, som sträcker sig radiellt utåt från den radiella innerytan och ett cylindriskt spår, som sträcker sig radiellt inåt från den radiella ytterytan, varvid nämnda radiella skåror och cylindriska spår tillsammans bildar flera på omkretsen på ett avstånd från varandra belägna lagerdynor och varvid till den enhetliga stödkonstruktionen hör åtminstone integral balkliknande del, som stöder varje dyna och varje dyna har periferalt nående och radiellt nående kanter och varvid den axiellt riktade axeln ingriper på frontalytan och en radiellt nående kant på varje dyna är främre kant och en andra radiellt nående kant på varje dyna är bakre kant, varvid dynans frontalyta anordnats att under påverkan av den på ytan utövade friktionen och trycket svängas i förhållande till stöddelen så, att dynans frontalytas främre och bakre kanter böjs under bildning av en avsmalnande kil.

2. Tätat hydrodynamiskt lager enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t av, att varje tätning innehåller en ferrovätska påverkad av ett magnetfält för att bilda en vätskespärre mellan den statiska stomdelen och den roterande stomdelen.

3. Tätat hydrodynamiskt lager enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t av, att varje tätning innehåller en ferrovätska påverkad av ett magnetfält för att bilda en vätskespärre mellan den statiska stomdelen och den roterande stomdelen.

n e t e c k n a t av, att den statiska stomdelen har två axiella ändor, varvid vardera axiella ändan har en radiellt innersta kant och den roterande stomdelen har två axiella ändor, varvid vardera axiella ändan har en radiellt yttersta yta, varvid den roterande stomdelens ändors radiellt yttersta ytor är på ett avstånd från den statiska stomdelens ändors radiellt innersta ytor på så sätt, att en radiell springa bildas i det tätade stomhöljets motsatta axiella ändor; till flertalet tätningar hör en magnet placerad på den statiska stomdelens ändors ena radiellt innersta kant och på den roterande stomdelens ändors radiellt yttersta kant, varvid ferrovätskan väsentligen fyller nämnda radiella springa och magneternas magnetfält bringar ferrovätskan att bilda en vätskespärr över nämnda radiella springa.

4. Tätat hydrodynamiskt lager, k ä n n e t e c k n a t av, att till lagret hör:

ett tätat stomhölje bestående av en statisk stomdel, en roterande stomdel, flera tätningar för att bilda en vätsketätning mellan den statiska stomdelen och den roterande stomdelen för att täta stomhöljets innerdel;

ett vid den statiska stomdelen fäst hydrodynamiskt lager, till vilket hör:

en cylindrisk axel med ett cylindriskt borrhål och flera radiella skåror och cylindriska spår bildade i denna, varvid nämnda borrhål och nämnda spår bildar flera radiellt på ett avstånd från varandra belägna lagerdynor samt en enhetlig stödkonstruktion för att stöda varje lagerdyna;

varvid till varje nämnd dyndel hör en väsentligen plan, belastning mottagande ytdel och till den enhetliga stödkonstruktionen hör åtminstone en av flera balkliknande delar och en membran, av vilken åtminstone en del sträcker sig väsentligen parallellt med nämnda flera lagerdynors främre ytdelar, varvid i nämnda främre ytdelar finns en belastning mottagande yta för att operativt stöda en motsatt inbördes rörlig del av nämnda axel,

varvid nämnda främre ytdelar anpassats att under inverkan av friktion och tryck på nämnda lastmottagande yta röra sig i förhållande till den axiella delen av axeln för att bilda en avsmalnande kilform och operativt stöda nämnda axeldel på ett lagerartat sätt, varvid nämnda stödkonstruktion uppbär nämnda lagerdyna så att antingen axiell avböjning eller torsionsvridning åstadkommes.

5. Tätat hydrodynamiskt lager enligt patentkravet 4, k ä n n e t e c k n a t av, att varje tätning innehåller en ferrovätska påverkad av ett magnetfält för att bilda en vätskespärr mellan den statiska stomdelen och den roterande stomdelen.

6. Tätat hydrodynamiskt lager enligt patentkravet 4, k ä n n e t e c k n a t av, att den statiska stomdelen har två axiella ändor, varvid vardera axiella ändan har en radiellt innersta kant och den roterande stomdelen har två axiella ändor, varvid vardera axiella ändan har en radiellt yttersta yta, varvid den roterande stomdelens ändors radiellt yttersta ytor är på ett avstånd från den statiska stomdelens ändors radiellt innersta ytor på så sätt, att en radiell springa bildas i det tätade stomhöljets motsatta axiella ändor; till flertalet tätningar hör en magnet placerad på den statiska stomdelens ändors ena radiellt innersta kant och på den roterande stomdelens ändors radiellt yttersta kant, varvid ferrovätskan väsentligen fyller nämnda radiella springa och magneternas magnetfält bringar ferrovätskan att bilda en vätskespärr över nämnda radiella springa.

7. Tätat hydrodynamiskt lager, k ä n n e t e c k n a t av, att till lagret hör:
ett tätat stomhölje bestående av en statisk stomdel,
en roterande stomdel,
flera tätningar för att bilda en vätsketätning mellan den statiska stomdelen och den roterande stomdelen för att täta stom-

höljets innerdel och

ett hydrodynamiskt lager fäst vid antingen vid den statiska stomdelen eller vid den roterande stomdelen och varvid till det hydrodynamiska lagret hör:

en gemensam cylindrisk stomme med ett centralt borrhål och vilken stomme har flera radiella skåror och flera spår för att bilda flera på ett avstånd från varandra belägna lagerdynor, varvid respektive nämnd lagerdyna är uppstödd på en elastisk membran, som tillåter dynan att röra sig i vilken riktning som helst för att optimera kilbildning, och varvid nämnda membran åstadkommer vätskedämpning i åtminstone en riktning.

8. Tätat hydrodynamiskt lager enligt patentkravet 7, k ä n n e t e c k n a t av, att varje tätning innehåller en ferrovätska påverkad av ett magnetfält för att bilda en vätskespärr mellan den statiska stomdelen och den roterande stomdelen

9. Tätat hydrodynamiskt lager enligt patentkravet 7, k ä n n e t e c k n a t av, att den statiska stomdelen har två axiella ändor, varvid vardera axiella ändan har en radiellt innersta kant och den roterande stomdelen har två axiella ändor, varvid vardera axiella ändan har en radiellt yttersta yta, och den roterande stomdelens ändors radiellt yttersta ytor anordnats på ett avstånd från den statiska stomdelens ändors radiellt innersta ytor på så sätt, att en radiell springa bildas i det tätade stomhöljets motsatta axiella ändor; till flertalet tätningar hör en magnet placerad på den statiska stomdelens ändors ena radiellt innersta kant och på den roterande stomdelens ändors radiellt yttersta kant, varvid ferrovätskan väsentligen fyller nämnda radiella springa och magneternas magnetfält bringar nämnda ferrovätska att bilda en vätskespärr över nämnda radiella springa.

10. Tätat hydrodynamiskt lager, k ä n n e t e c k n a t av,

att till lagret hör:

ett tätat stomhölje med en statisk stomdel;

en roterande stomdel;

flera tätningar för att mellan den statiska stomdelen och den roterande stomdelen bilda en vätsketätning för att täta stomhöljets innerdel;

ett hydrodynamiskt lager fäst antingen vid den statiska stomdelen eller vid den roterande stomdelen, till vilket hydrodynamiska lager hör:

flera på avstånd från varandra belägna lagerdynor, varvid respektive nämnd dyna har en framkant, en bakre kant och en dynfrontalyta, vilken utsträcker sig mellan nämnda framkant och bakre kant;

en stödkonstruktion omfattande flera balkliknande stöddelar och åtminstone en stödbalkdel; varvid varje balkliknande stöddel är på ett avstånd från en lagerdyna och en förlängningsdel förenar nämnda lagerdyna med den balkliknande delen och stöder nämnda lagerdyna så, att den kan röra sig i förhållande till den balkliknande delen; och varvid nämnda balkliknande del är uppstödd på nämnda stödbalkdel för rörelse i förhållande till densamma.

11. Tätat hydrodynamiskt lager enligt patentkravet 10, k ä n - n e t e c k n a t av, att till varje tätning hör en ferrovätska påverkad av ett magnetfält för att bilda en vätskespärre mellan den statiska stomdelen och den roterande stomdelen.

12. Tätat hydrodynamiskt lager enligt patentkravet 10, k ä n - n e t e c k n a t av, att den statiska stomdelen har två axiella ändor och vardera axiella ändan har en radiellt innersta kant och den roterande stomdelen har två axiella ändor och vardera axiella ändan har en radiellt yttersta kant, varvid den roterande stomdelens ändors radiellt yttersta ytor är på ett avstånd från den statiska stomdelens ändors radiellt innersta ytor så, att en radiell springa bildas i det tätande stomhöljets motsatta axiella ändor;

mångfalden tätningar omfattar en magnet placerad antingen på den statiska stomdelens ändors radiellt innersta kanter eller på den roterande stomdelens ändors radiellt yttersta kanter och varvid ferrovätskan väsentligen fyller nämnda radiella springa och magneternas magnetfält bringar ferrovätskan att bilda en vätskespärr över nämnda radiella springa.

13. Tätat hydrodynamiskt lager, k ä n n e t e c k n a t av, att till lagret hör:

ett tätat stomhölje bestående av en statisk stomdel;

en roterande stomdel;

en tätningsdel för att bilda en vätsketätning mellan den statiska stomdelen och den roterande stomdelen för att täta stomhöljets innerdel;

ett hydrodynamiskt lager fäst vid den statiska stomdelen, till vilket hydrodynamiska lager hör:

flera på omkretsen på ett avstånd från varandra belägna lagerdynor, varvid respektive lagerdyna har en framkant, en bakre kant och en på axeln ingripande lageryta;

en gemensam stödkonstruktion för att stöda varje lagerdyna, vilken stödkonstruktion utformats att stöda dynorna så, att de kan röra sig med sex graders frihet på optimalt sätt, så att under normalbelastning dynans bakre kant böjes mot axeldelen och framkanten av varje dyna böjes bortåt från axeldelen, så att den bakre kanten är närmare axeldelen än framkanten.

14. Lager enligt patentkravet 13, k ä n n e t e c k n a t av, att lagerdynorna bildar ett enhetligt stycke med nämnda stödkonstruktioner.

15. Tätat hydrodynamiskt lager, k ä n n e t e c k n a t av, att till lagret hör:

ett tätat stomhölje med en statisk stomdel;

en roterande stomdel;

en tätningsdel för att mellan den statiska stomdelen och den

roterande stomdelen bilda en vätsketätning för att tätta stomhöljets innerdel;

ett hydrodynamiskt lager fäst vid antingen vid den statiska stomdelen eller vid den roterande stomdelen, till vilket hydrodynamiska lager hör:

flera på ett avstånd från varandra belägna lagerdynor, varvid till lagerdynorna hör en framkant, en bakre kant och en lageryta, som utsträcker sig mellan framkanten och bakre kanten och varvid varje lagerdyna uppstödes av en enhetlig stödkonstruktion för att tillåta rörelse dynan med sex graders frihet och varvid nämnda stödkonstruktion stöder lagerdynan så, att lagerdynorna har en förutbestämd styvhet, en vätskehinna placerad mellan lagerdynorna och axeldelen, vilken vätskehinna har en egenstyvhet och varvid vätskehinnans styvhet är större än lagerdynornas styvhet så att vätskehinnan åstadkommer böjning av lagerdynorna, när axeldelen roteras.

16. Tätat hydrodynamiskt lager, k ä n n e t e c k n a t av, att varje tätning omfattar en ferrovätska, vilken påverkas av ett magnetfält för att mellan den statiska stomdelen och den roterande stomdelen bilda en vätskesspär.

17. Tätat hydrodynamiskt lager enligt patentkravet 15, k ä n n e t e c k n a t av, att den statiska stomdelen har två axiella ändor och vardera axiella ändan har en radiellt innersta kant och den roterande stomdelen har två axiella ändor och vardera axiella ändan har en radiellt yttersta yta, varvid den roterande stomdelens ändors yttersta ytor är på ett avstånd från den statiska stomdelens ändors radiellt innersta ytor på så sätt, att vid de motsatta axiella ändorna av det tätade stomhöljet bildas en radiell springa;

till de många tätningarna hör en magnet placerad antingen på den statiska stomdelens ändors radiellt innersta kanter eller på den roterande stomdelens ändors yttersta kanter, samt en ferrovätska, som väsentligen fyller nämnda radiella springa,

varvid magneternas magnetfält bringar nämnda ferrovätska att i nämnda radiella springa bilda en vätskespärr.

18. Tätat hydrodynamiskt lager, k ä n n e t e c k n a t av, att till lagret hör:

ett tätat stomhölje bestående av en statisk stomdel;

en roterande stomdel;

en tätningsdel för att bilda en vätsketätning mellan den statiska stomdelen och den roterande stomdelen för att täta stomhöljets innerdel;

ett hydrodynamiskt lager fäst vid den statiska stomdelen, till vilket hydrodynamiska lager hör:

flera axelstöddynor på ett avstånd från varandra omkring en tänkt axel, varvid varje axelstöddyna har en väsentligen plan axelstöddynyta, som ligger i det väsentligen tvärgående planet i förhållande till den tänkta axel, omkring vilken dynorna är placerade; åtminstone en dynstödbalk, som stöder respektive axelstöddyna, varvid varje dynstödbalk sträcker sig på tvären bortåt från axelstöddynans yta och parallellt med nämnda tänkta axel; åtminstone en balkstöddel, till vilken hör en av ett flertal balkar och en hinna eller membran och varvid balkstöddelen så utformats, att den stöder respektive dynstödbalk för rörelse med sex graders frihet så att under normalbelastning en hydrodynamisk optimumkil bildas.

19. Tätat hydrodynamiskt lager enligt patentkravet 16, k ä n n e t e c k n a t av, att till tätningarna hör en ferrovätska, som påverkas av ett magnetfält för att mellan den statiska stomdelen och den roterande stomdelen bilda en vätskespärr.

20. Tätat hydrodynamiskt lager enligt patentkravet 18, k ä n n e t e c k n a t av, att den statiska stomdelen har två axiella ändor och vardera axiella ända har en radiellt innersta kant och den roterande stomdelen har två axiella ändor och vardera axiella ända har en radiellt yttersta yta, varvid den ro-

terande stomdelens ändors radiellt yttersta ytor ligger på ett avstånd från den statiska stomdelens ändors radiellt innersta ytor så att en radiell springa bildas vid det tätade stomhöljets motsatta axiella ändor

21. Enhetlig del för att stöda en roterande axel, k ä n n e t e c k n a d av, att till nämnda del hör flera axelstöddynor; en dynstödkonstruktion, varvid axelstödkonstruktionen stöder varje axels stöddyna för rörelse med sex graders frihet för att optimera bildningen av en hydrodynamisk kil under belastning; åtminstone ett piezoelektriskt element samt ett strömmatningsorgan för att mata ström till det piezoelektriska elementet och förorsaka förändringar i det piezoelektriska elementets form; varvid det piezoelektriska elementet är så placerat, att dess formförändringar ändrar orienteringen hos åtminstone en axels stöddyna och stödkonstruktion.

22. Del enligt patentkravet 21, k ä n n e t e c k n a d av, att till dynstödkonstruktionen hör en primär stöddel, en sekundär stöddel och en tertiär stöddel.

23. Tätat hydrodynamiskt lager, k ä n n e t e c k n a t av, att till lagret hör:

ett tätat stomhölje bestående av en statisk stomdel;

en roterande stomdel;

ett tätningssystem för att mellan den statiska stomdelen och den roterande stomdelen bilda en vätsketätning för att täta stomhöljets innerdel;

ett hydrodynamiskt lager fäst vid antingen vid den roterande stomdelen eller vid den statiska stomdelen, till vilket hydrodynamiska lager hör:

flera lagerdynor och en stödkonstruktion för att stöda lagerdynorna för rörelse med sex graders frihet; och åtminstone ett piezoelektriskt element, vars form selektivt kan varieras och det piezoelektriska elementet är så placerat, att då dess form

förändras ändras orienteringen hos åtminstone en lagerdyna och stödkonstruktionen.

24. Tätat hydrodynamiskt lager enligt patentkravet 23, k ä n - n e t e c k n a t av, att till varje tätning hör en ferro- vätska, vilken påverkas av ett magnetfält för att mellan den statiska stomdelen och den roterande stomdelen bilda en vätskespärr.

25. Tätat hydrodynamiskt lager enligt patentkravet 23, k ä n - n e t e c k n a t av, att den statiska stomdelen har två axiella ändor och vardera axiella ända har en radiell innersta kant och den roterande stomdelen har två axiella ändor och vardera axiella ändan har en radiellt yttersta yta, varvid den roterande stomdelens ändors yttersta ytor ligger på ett avstånd från den statiska stomdelens ändors radiellt innersta ytor så att en radiell springa bildas vid det tätade stomhöljets motsatta axiella ändor;
till deflertaliga tätningarna hör en magnet placerad antingen på den statiska stomdelens ändors radiella innersta kanter eller på den roterande stomdelens ändors radiella yttersta kanter samt en ferrovätska, som väsentligen fyller nämnda radiella springa, varvid magneternas magnetfält bringar nämnda ferrovätska att bilda en vätskespärr över nämnda vätska.

26. Tätat hydrodynamiskt lager, k ä n n e t e c k n a t av, att till lagret hör:
ett tätat stomhölje bestående av en statisk stomdel;
en roterande stomdel;
ett tätningssystem för att mellan den statiska stomdelen och den roterande stomdelen bilda en vätsketätning för att täta stomhöljets innerdel;
ett hydrodynamiskt lager fäst antingen vid den roterande stomdelen eller vid den statiska stomdelen, till vilket hydrodynamiska lager hör:

ett lager med flera periferalt på ett avstånd från varandra belägna lagerdynor och en lagerdynstödskonstruktion;

varvid till lagerdynstödskonstruktionen hör:

åtminstone en balkdel, som stöder envar av nämnda flera lagerdynor; en enhetlig membran, som stöder varje första balkdel, samt flera balkar som stöder den enhetliga membranen.

27. Lager enligt patentkravet 26, k ä n n e t e c k n a t av, att därtill dessutom hör åtminstone ett piezoelektriskt element, vars form är varierbar och det piezoelektriska elementet är så placerat, att då dess form förändras, ändras orienteringen hos åtminstone en dyna.

28. Tätat hudrodynamiskt lager enligt patentkravet 26, k ä n n e t e c k n a t av, att till varje tätning hör en ferrovätska, som påverkas av ett magnetfält för att bilda en vätskespärr mellan den statiska stomdelen och den roterande stomdelen.

29. Tätat hydrodynamiskt lager enligt patentkravet 26, k ä n n e t e c k n a t av, att den statiska stomdelen har två axiella ändor och till vardera axiella ändan hör en radiellt innersta kant och den roterande stomdelen har två axiella ändor och till vardera axiella ändan hör en radiellt yttersta yta, varvid den roterande stomdelens ändors radiella yttersta ytor är på ett avstånd från den statiska stomdelens ändors radiellt innersta ytor på så sätt, att vid det tätande stomhöljets motsatta axiella ändor bildas en radiell springa;

30. Tätat hydrodynamiskt lager, k ä n n e t e c k n a t av, att till lagret hör:
ett tätat stomhölje bestående av en statisk stomdel;
en roterande stomdel;
en tätningsdel för att bilda en vätsketätning mellan den statiska stomdelen och den roterande stomdelen för att tätta stom-

höljets innerdel;
 ett hydrodynamiskt lager fäst vid den statiska stomdelen,
 till vilket hydrodynamiska lager hör;
 flera perifert på ett avstånd från varandra belägna lagerdynor och en lagerdynstödkonstruktion;
 varvid till lagerdynstödkonstruktionen hör:
 flera första balkdelar, varvid varje första balkdel stöder en av nämnda flertal lagerdynor;
 flera andra balkdelar, varvid varje andra balkdel stöder en första balkdel; och
 åtminstone en stöddel, som stöder nämnda flertal andra balkdelar.

31. Tätat hydrodynamiskt lager, k ä n n e t e c k n a t av, att till lagret hör:
 ett tätat stomhölje bestående av en statisk stomdel;
 en roterande stomdel;
 flera tätningar för att bilda en vätsketätning mellan den statiska stomdelen och den roterande stomdelen för att täta stomhöljets innerdel;
 flera vid den statiska stomdelen fästade lagerdynor, varvid varje lagerdyna omfattar en lageryta, en primär stöddel, en sekundär stöddel och en tertiär stöddel.

32. Lager enligt patentkravet 31, k ä n n e t e c k n a t av, att den primära stöddelen är ett ihåligt stympat konformat organ.

33. Lager enligt patentkravet 31, k ä n n e t e c k n a t av, att till den primära stöddelen hör flera koniskt lutande ben, vilka avsmalnar mot en punkt ovanför dynytan.

34. Tätat hydrodynamiskt lager enligt patentkravet 31, k ä n n e t e c k n a t av, att till varje tätning hör en ferrovätska, som påverkas av ett magnetfält för att mellan den sta-

tiska stomdelen och den roterande stomdelen bilda en vätskespärr.

35. Tätat hydrodynamiskt lager enligt patentkravet 31, k ä n - n e t e c k n a t av, att den statiska stomdelen har två axiella ändor och vardera axiella ända har en radiellt innersta kant och den roterande stomdelen har två axiella ändor och vardera axiella ändan har en radiellt yttersta yta, varvid den roterande stomdelens ändors radiellt yttersta ytor är på ett avstånd från den statiska stomdelens ändors radiellt innersta ytor så att en radiell springa bildas vid det tätade stomhöljets motsatta axiella ändor;

till de flertaliga tätningarna hör en magnet placerad antingen på den statiska stomdelens ändors radiellt innersta kanter eller vid den roterande stomdelens ändors radiellt yttersta kanter samt en ferrovätska, som väsentligen fyller nämnda radiella springa, varvid magneternas magnetfält bringar nämnda ferrovätska att bilda en vätskespärr över nämnda radiella springa.

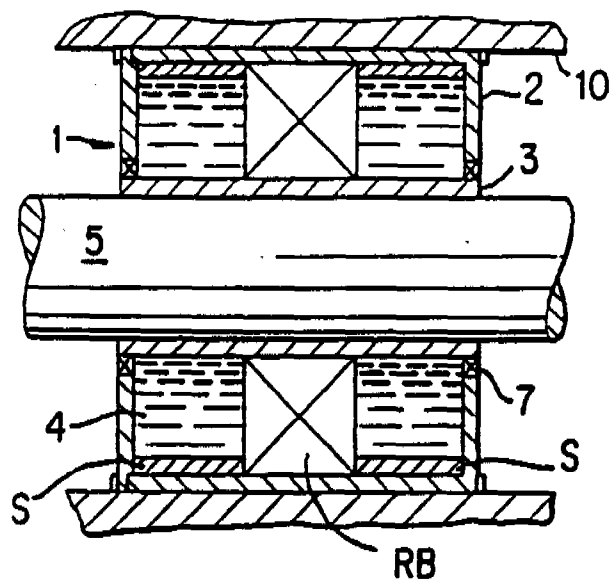


FIG. 1A

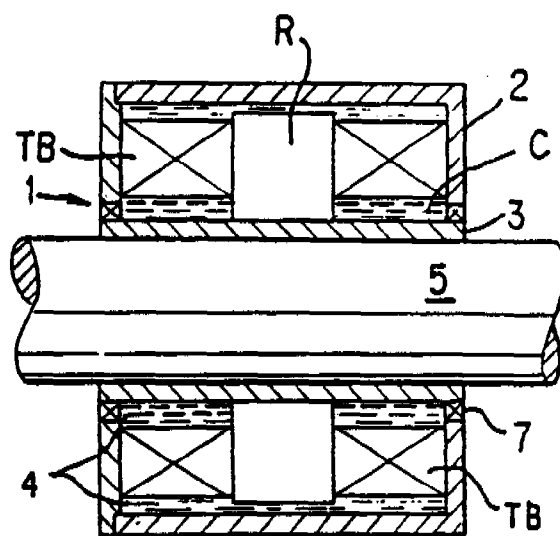


FIG. 1B

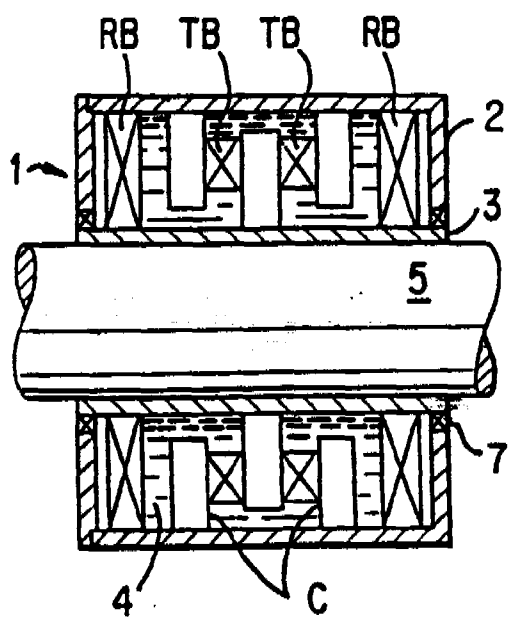


FIG. 1C

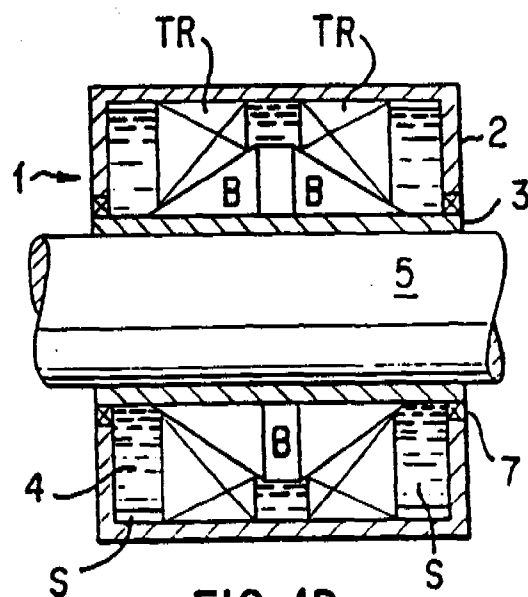


FIG. 1D

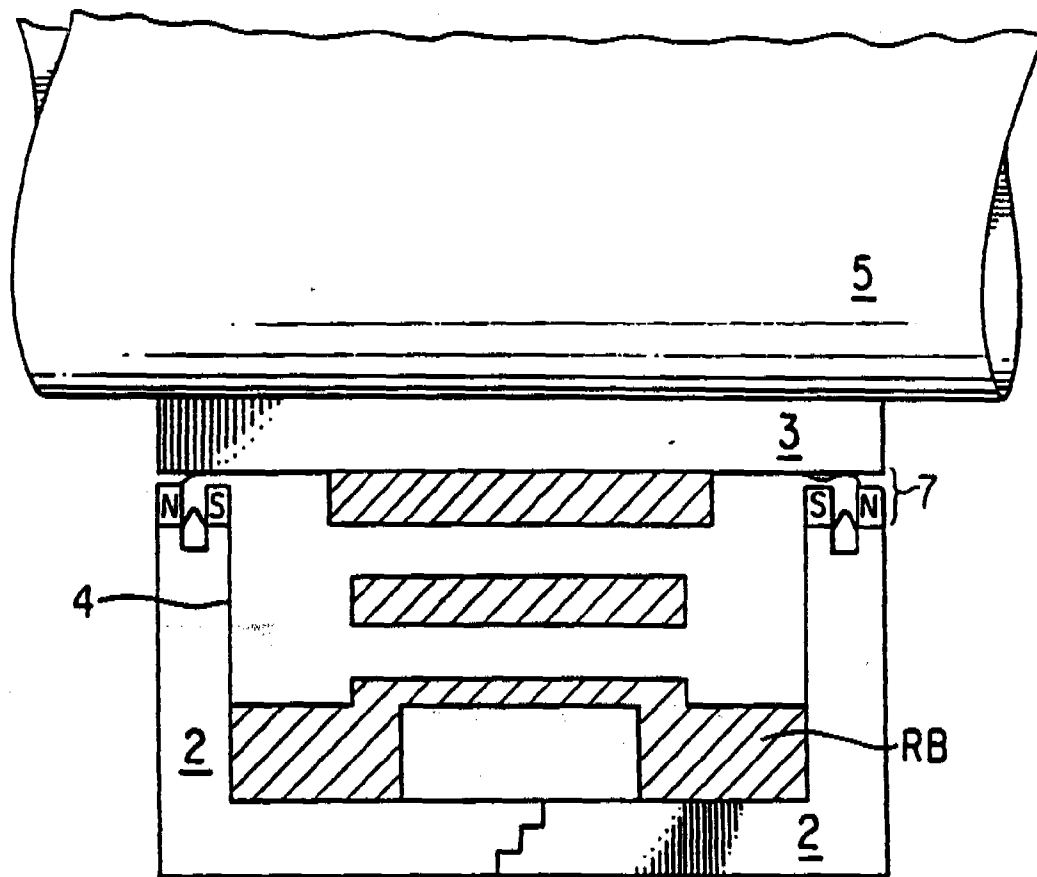


FIG. 1E

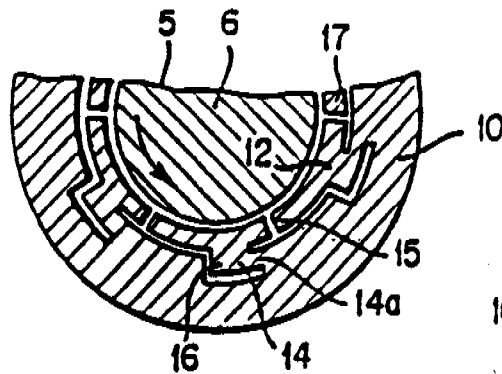


FIG. 2

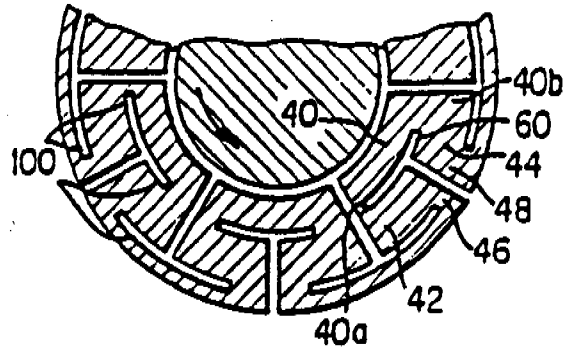


FIG. 8

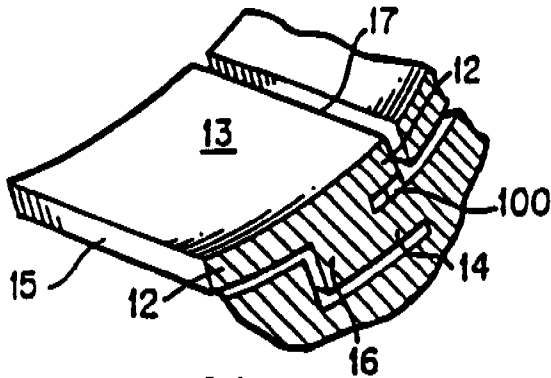


FIG. 2A

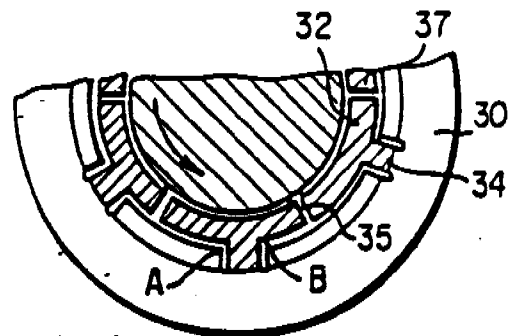


FIG. 4

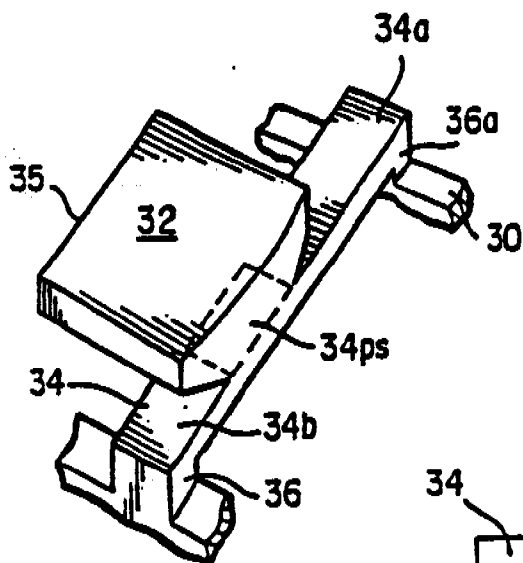


FIG. 5

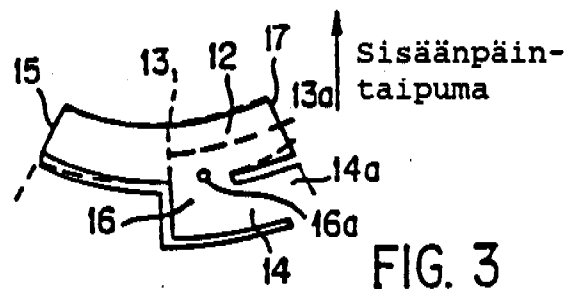


FIG. 3

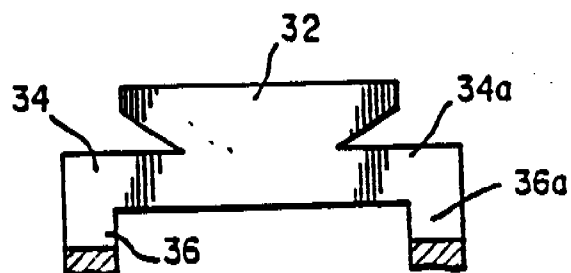


FIG. 6

4/29

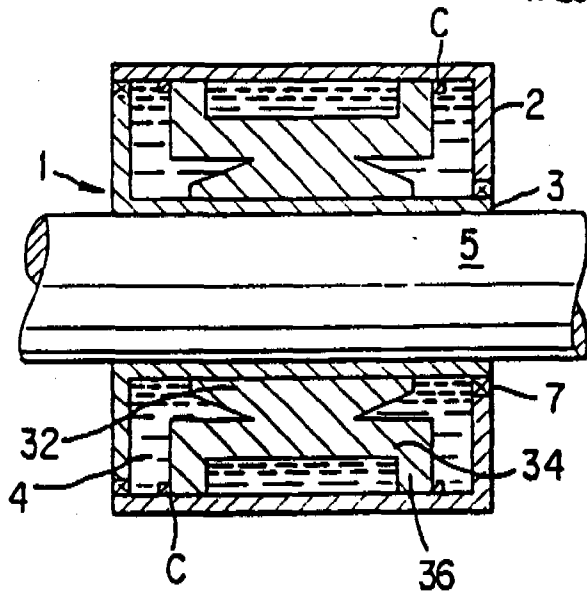


FIG. 6A

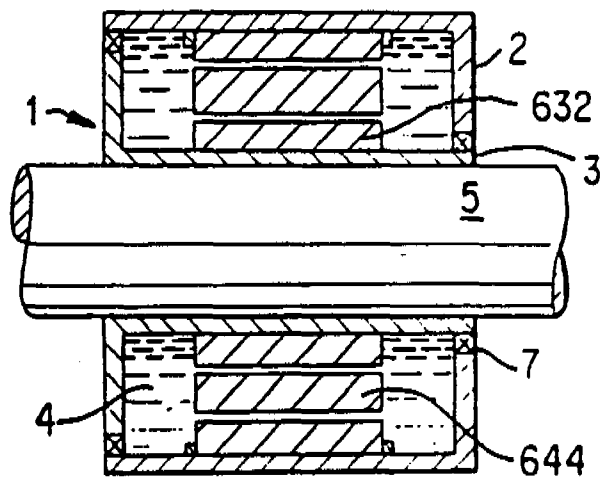


FIG. 31B

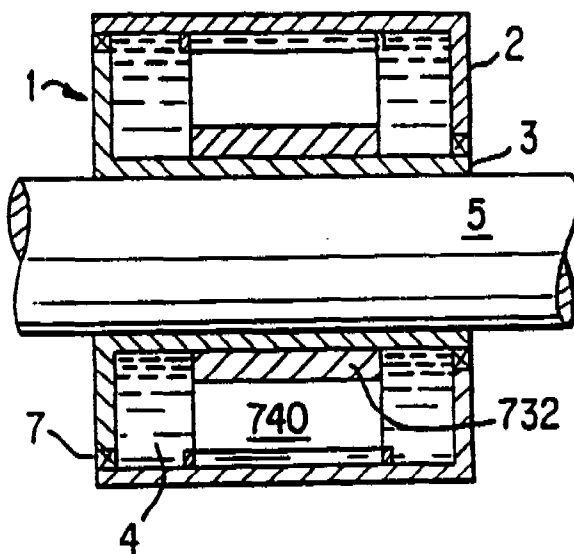


FIG. 32C

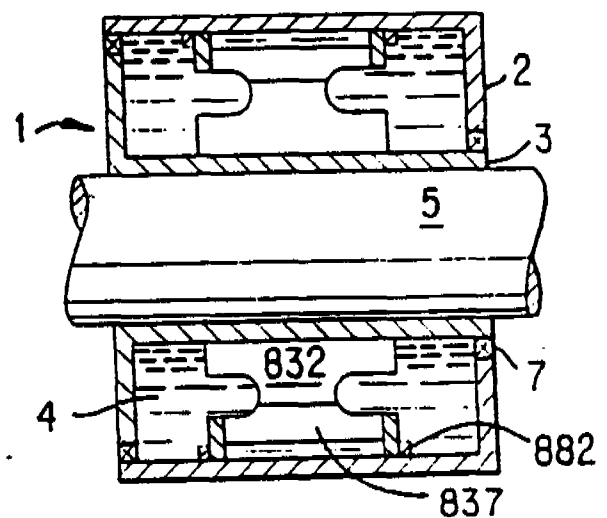


FIG. 33D

5/29

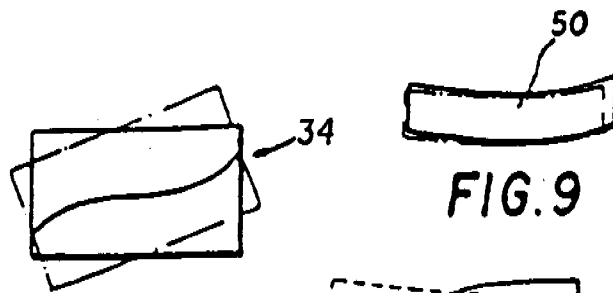


FIG. 7

FIG. 9



FIG. 10A

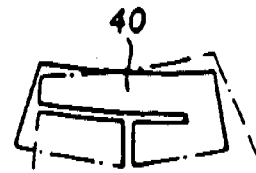


FIG. 10

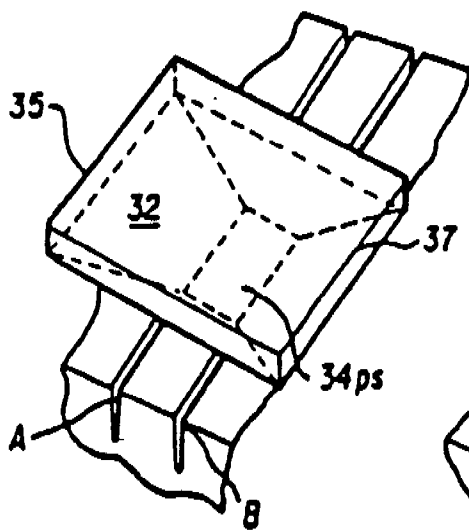


FIG. 5B

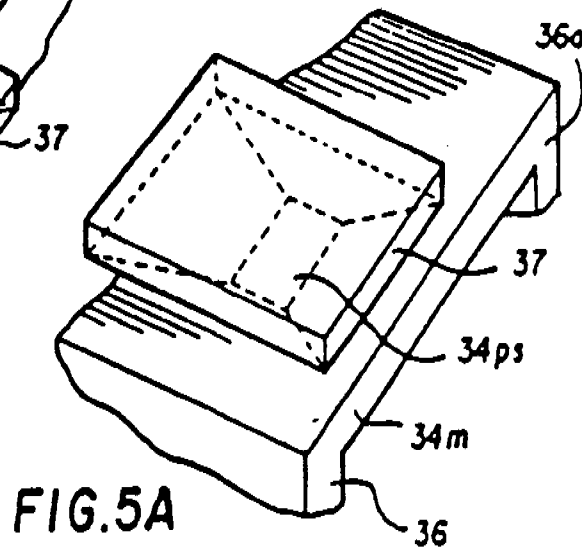


FIG. 5A

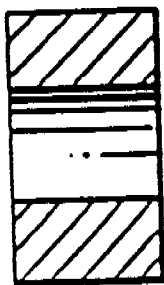


FIG. 11A

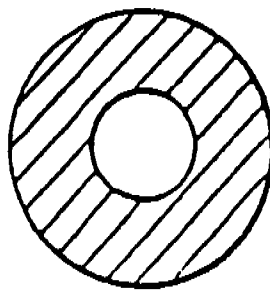


FIG. 11B

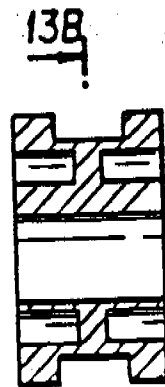


FIG. 13A

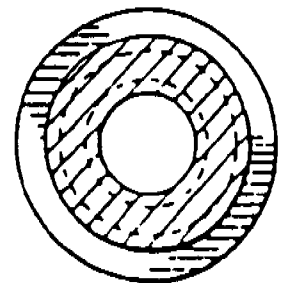


FIG. 13B

6/29

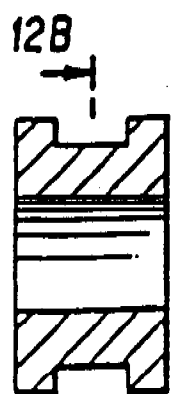


FIG. 12A

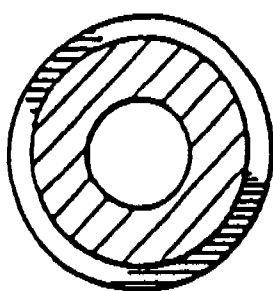


FIG. 12B

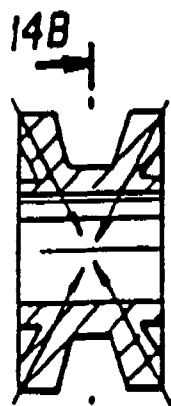


FIG. 14A

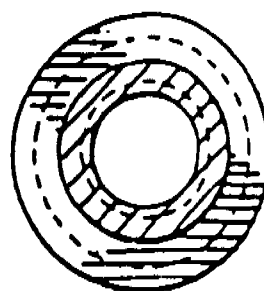


FIG. 14B

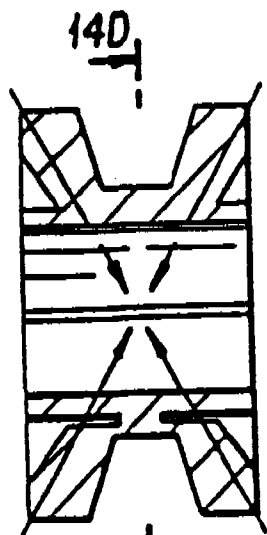


FIG. 14C

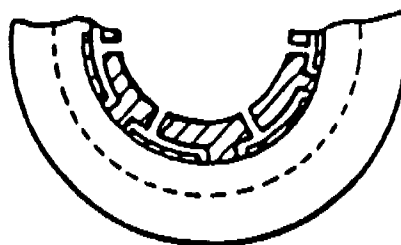


FIG. 14D

7/29

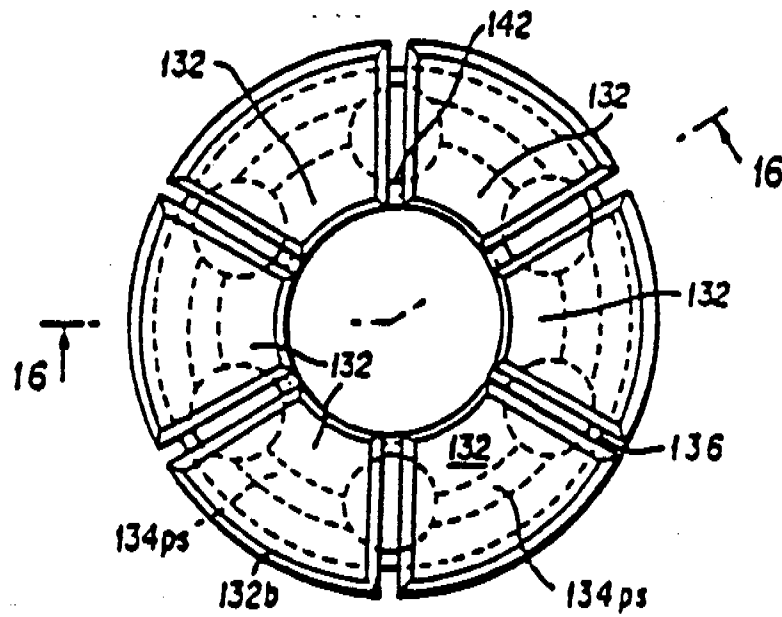


FIG. 15

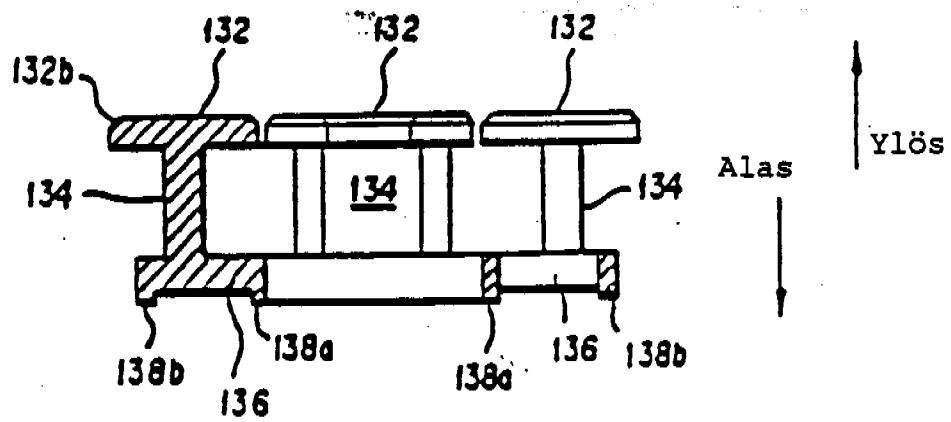


FIG. 16

8/29

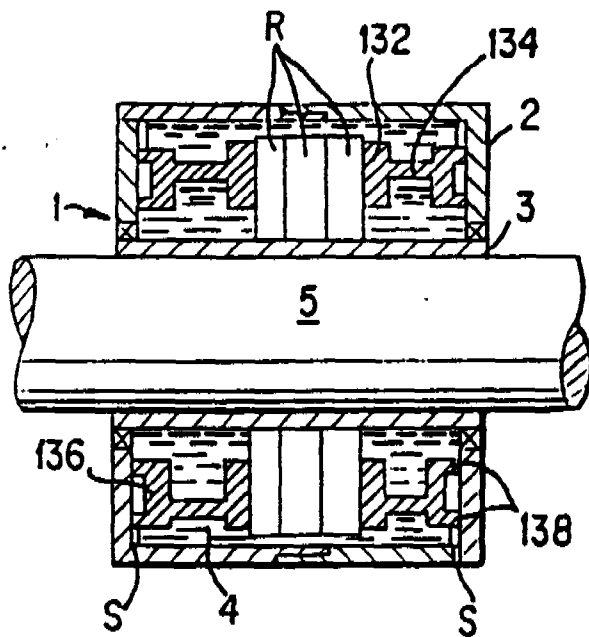


FIG. 15A

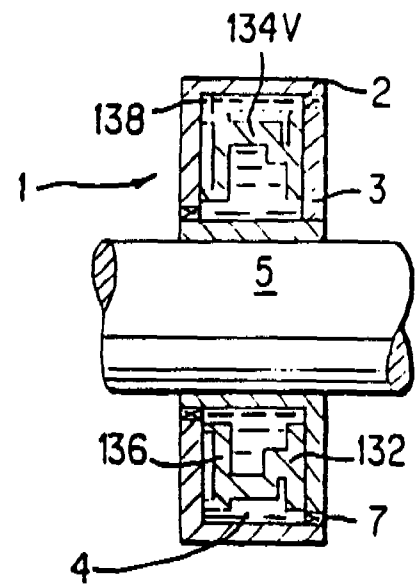


FIG. 26A

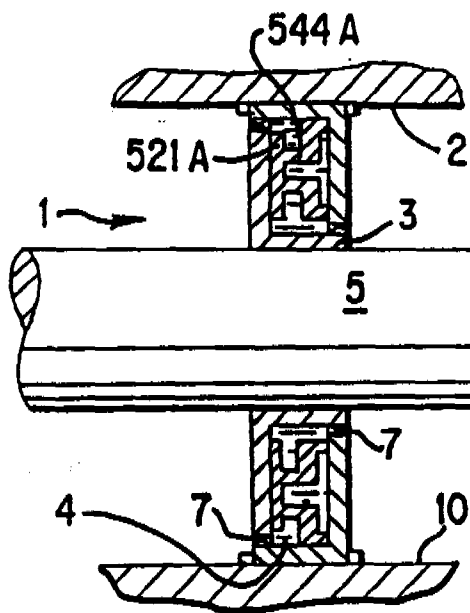


FIG. 29C

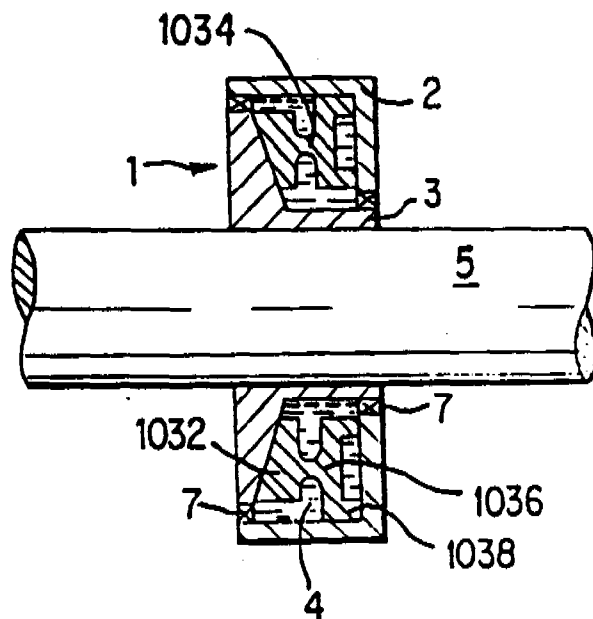


FIG. 37A

9/29

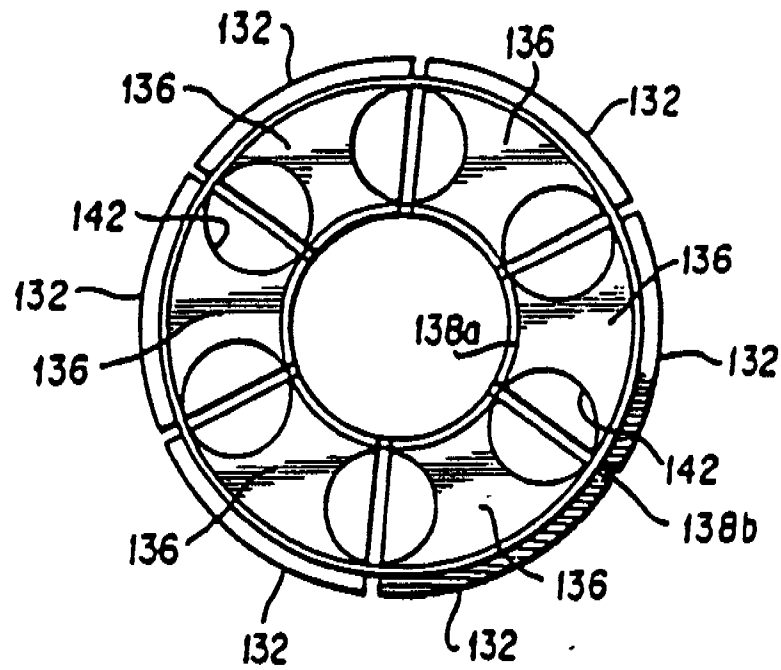


FIG. 17

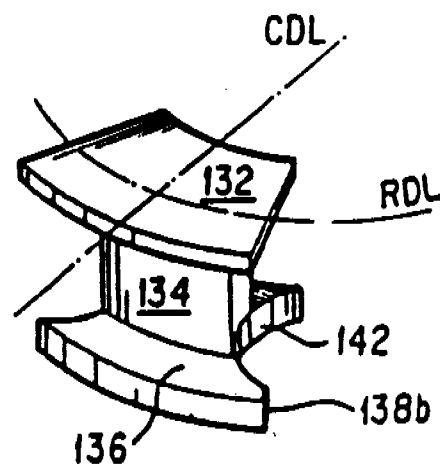


FIG. 18

10/29

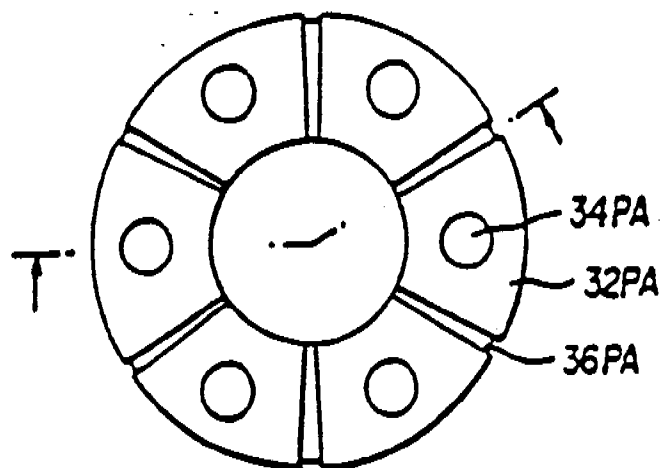


FIG. 19 Tekniikan taso

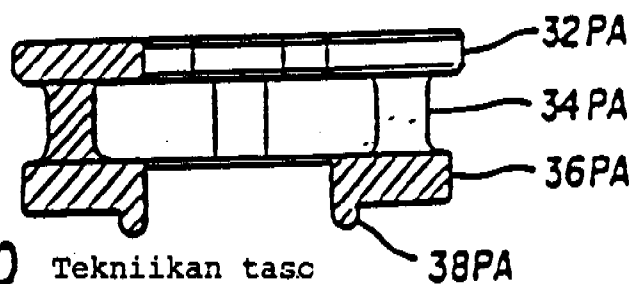


FIG. 20 Tekniikan taso

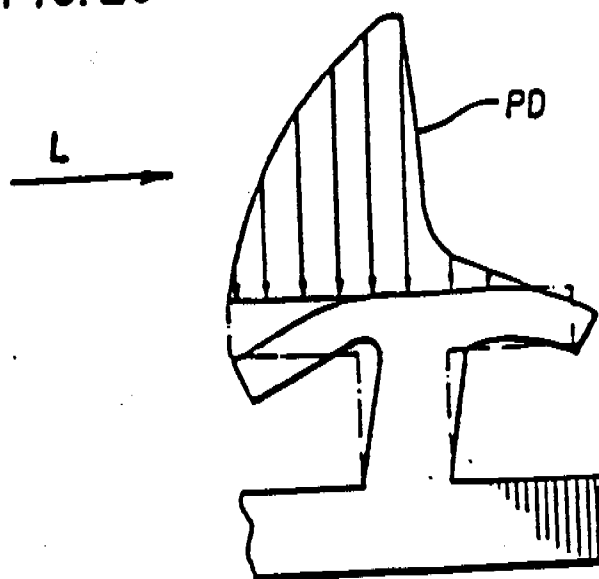


FIG. 20A Tekniikan taso

11/29

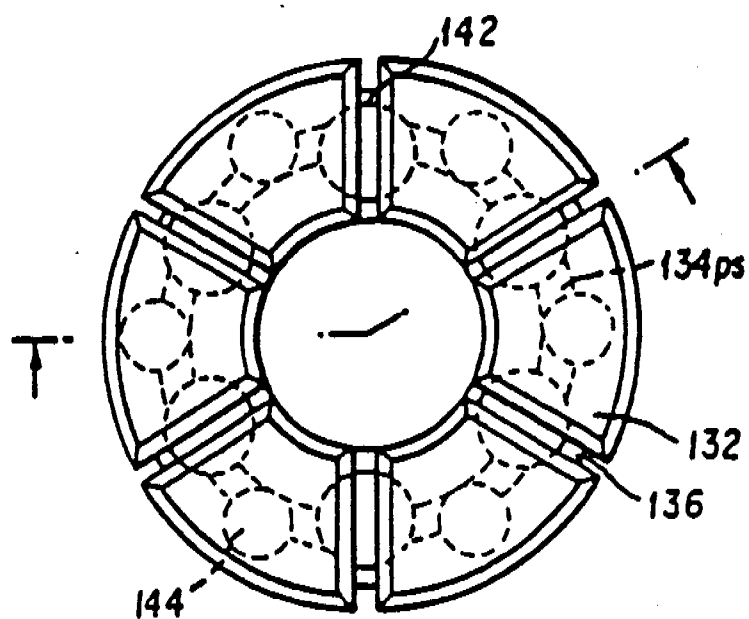


FIG. 21

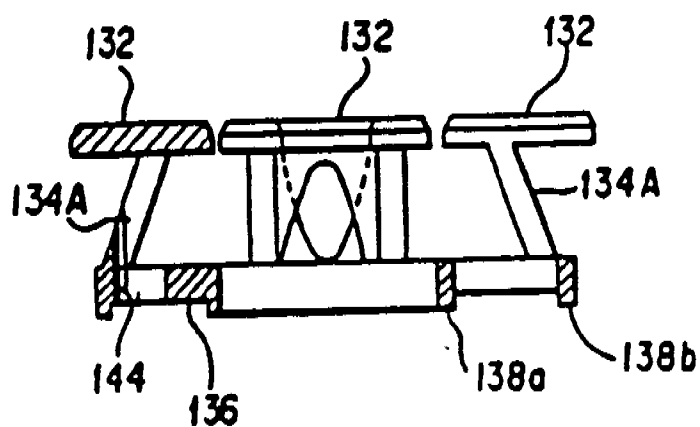


FIG. 22

12/29

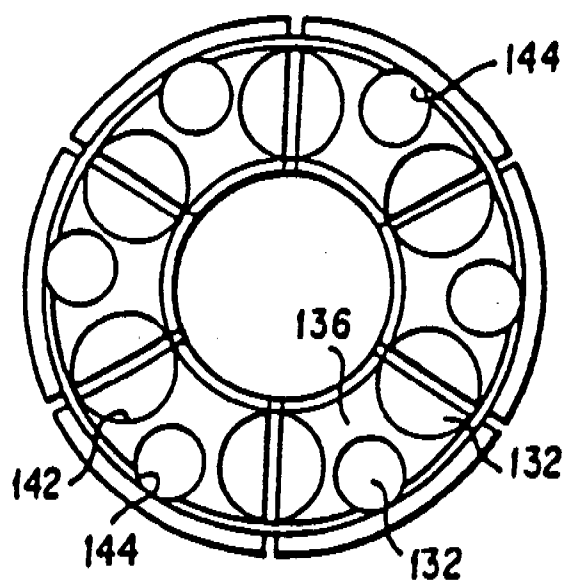


FIG. 23

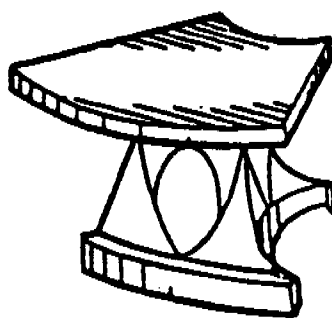


FIG. 24

13/29

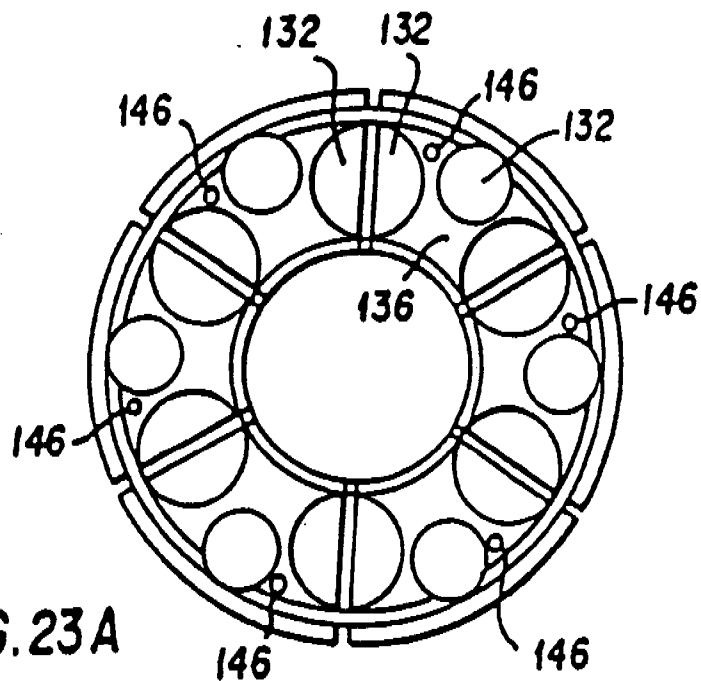


FIG. 23A

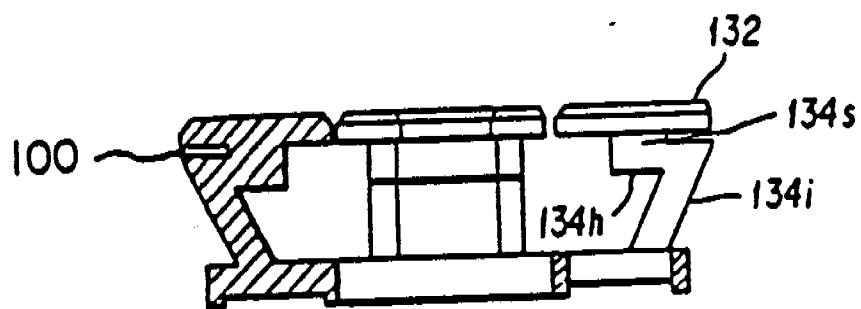


FIG. 25

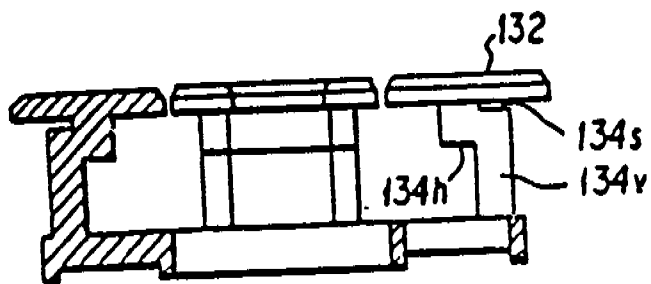
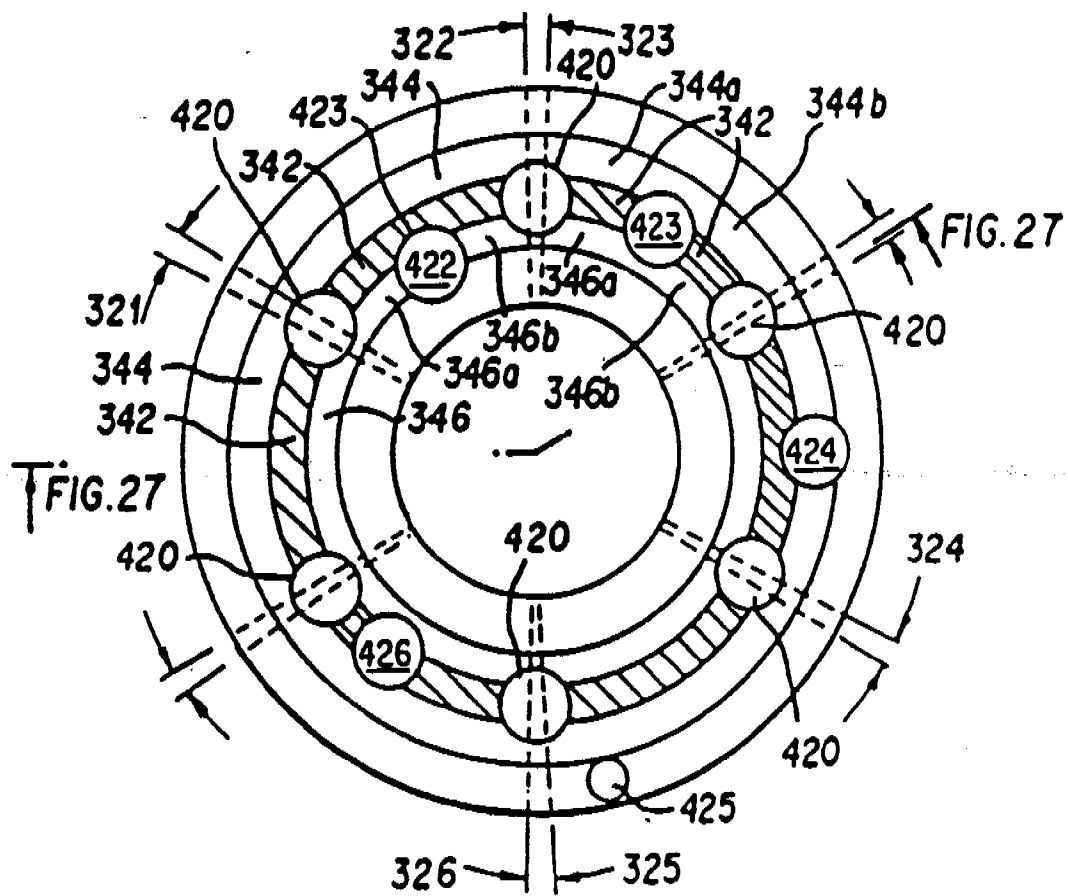
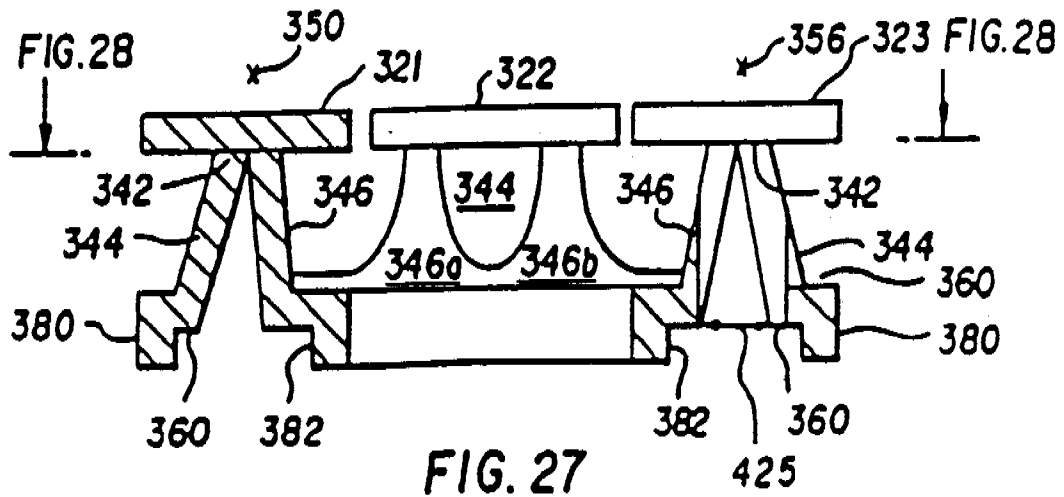
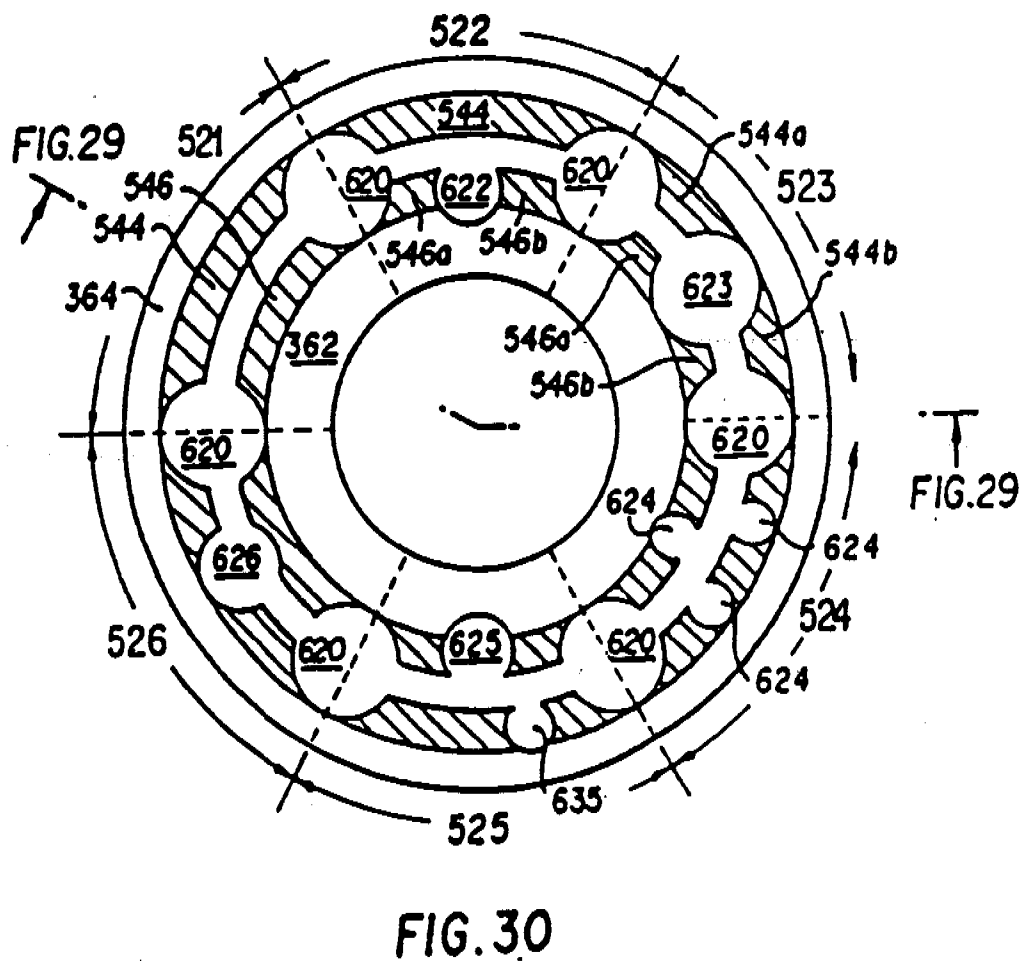
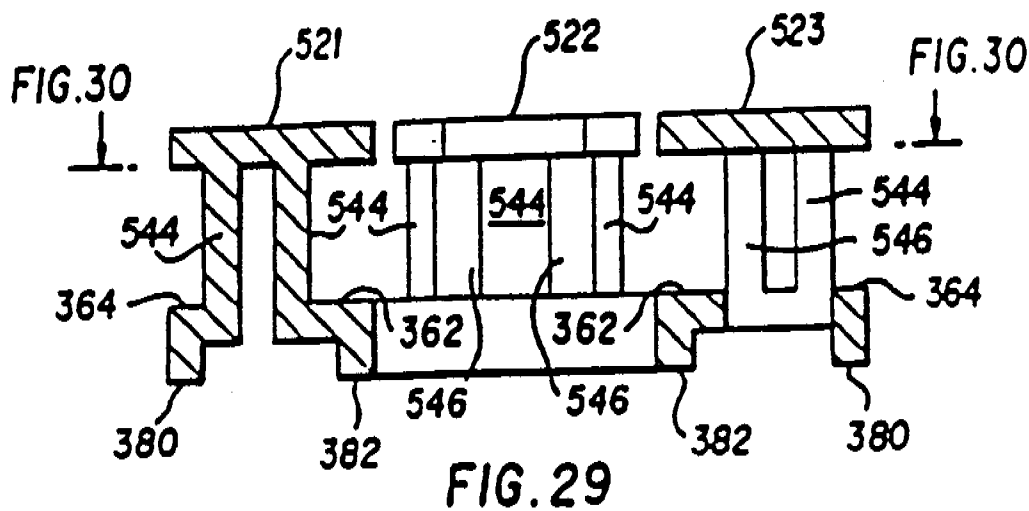


FIG. 26

14/29



15/29



16/29

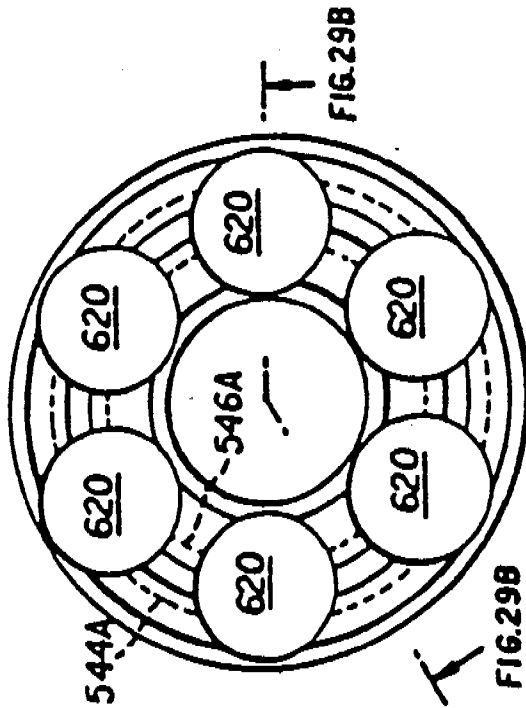


FIG. 30B

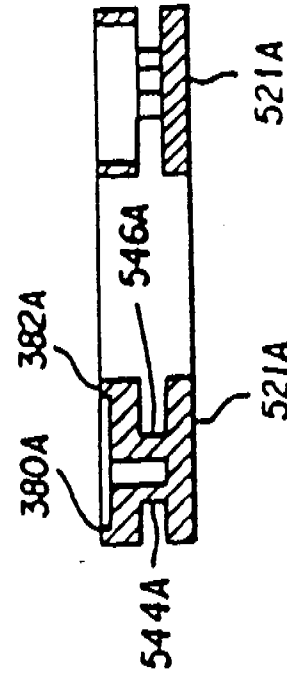


FIG. 29B

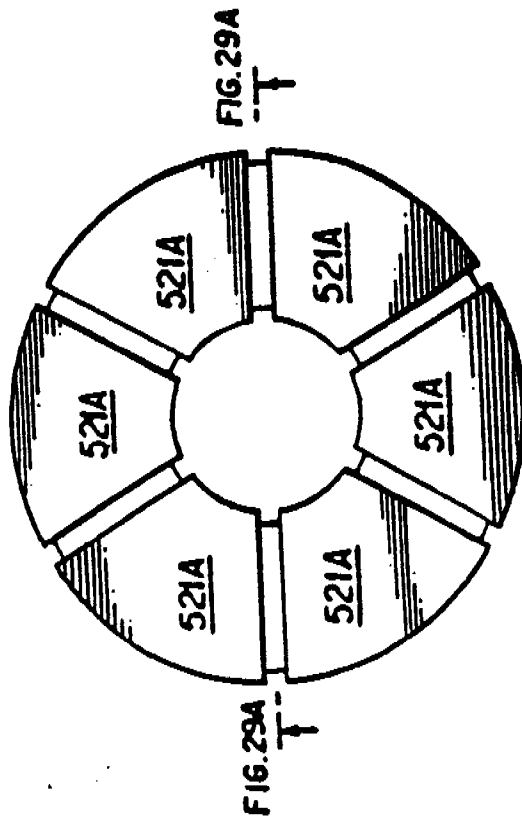


FIG. 30A

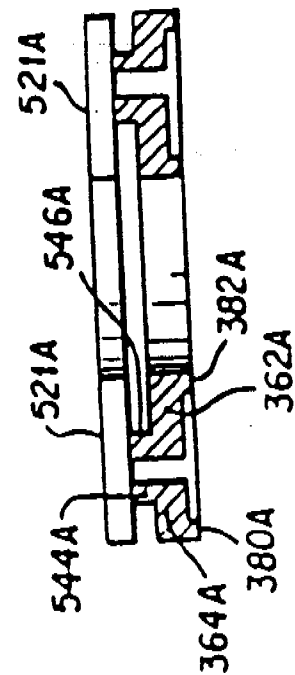


FIG. 29A

17/29

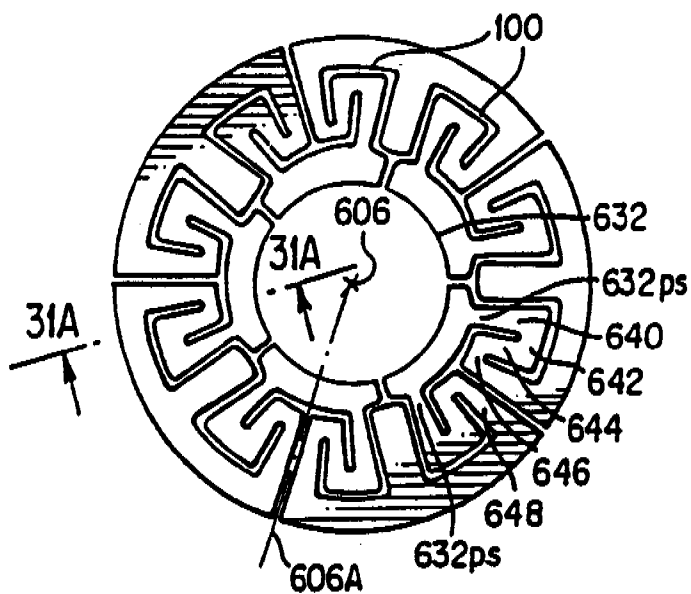


FIG. 31

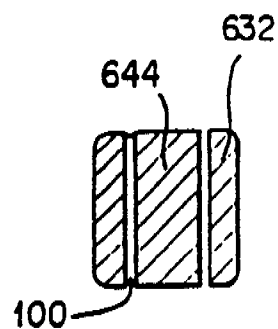


FIG. 31A

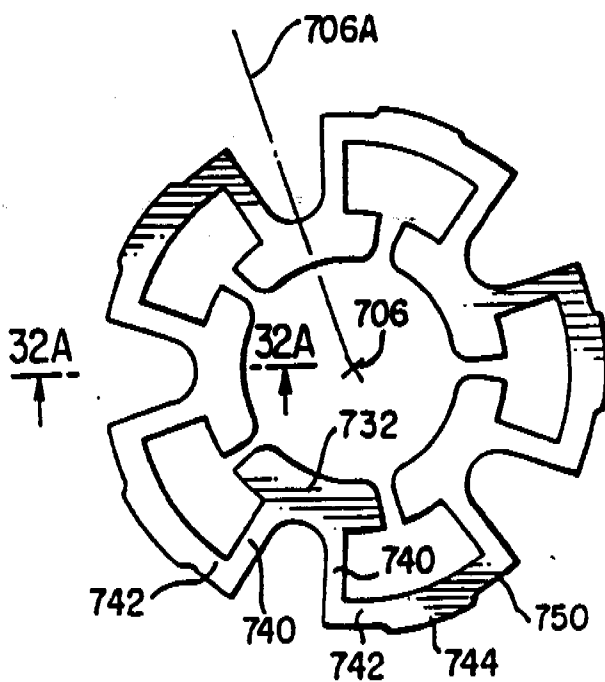


FIG. 32

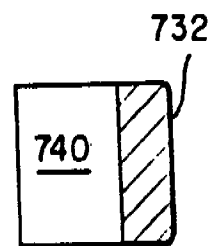


FIG. 32A

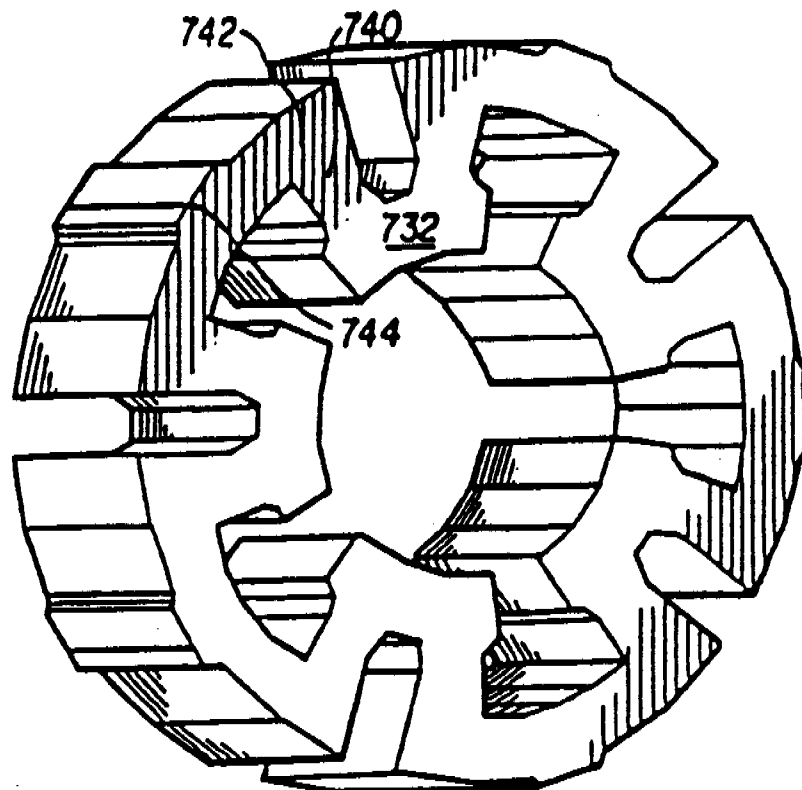


FIG. 32B

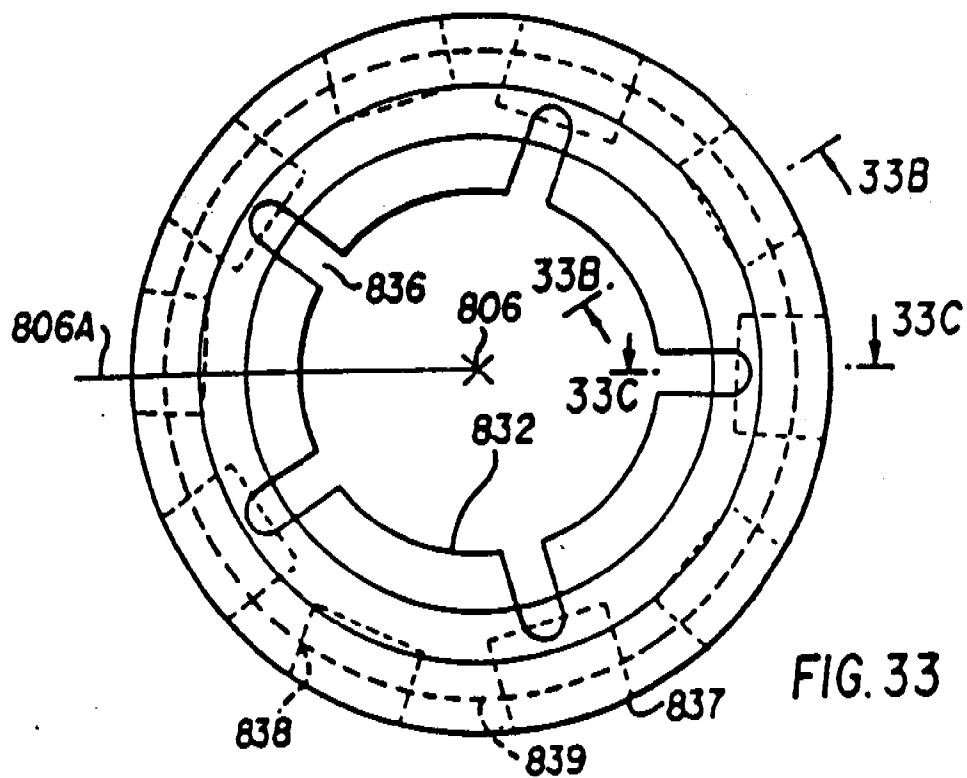


FIG. 33

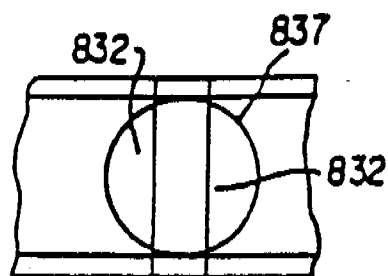


FIG. 33A

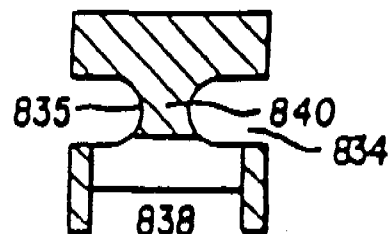


FIG. 33B

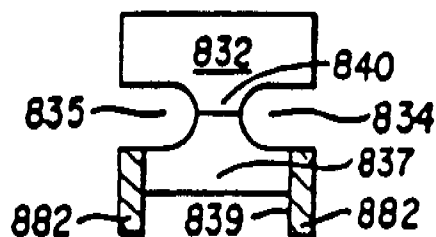


FIG. 33C

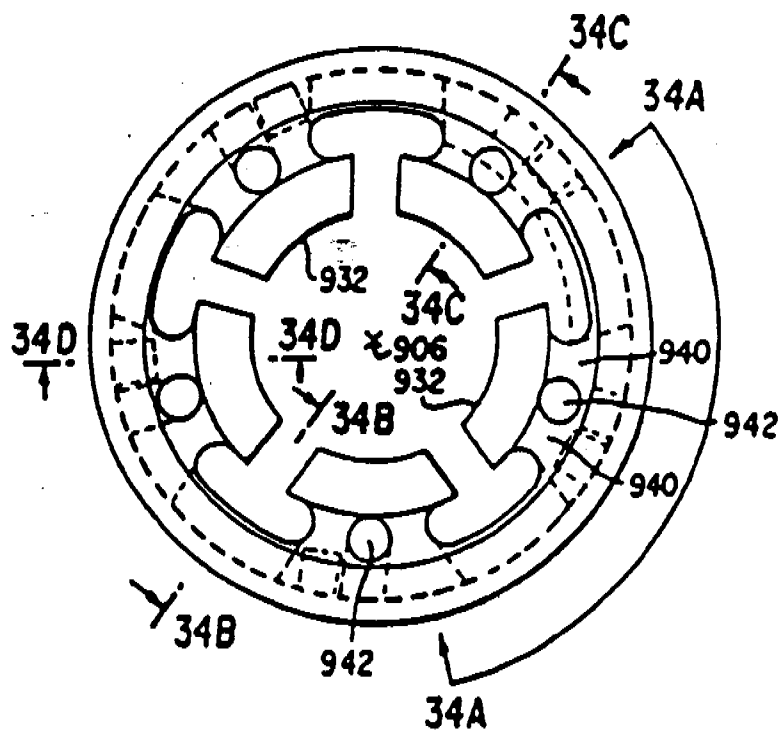


FIG. 34

20/29

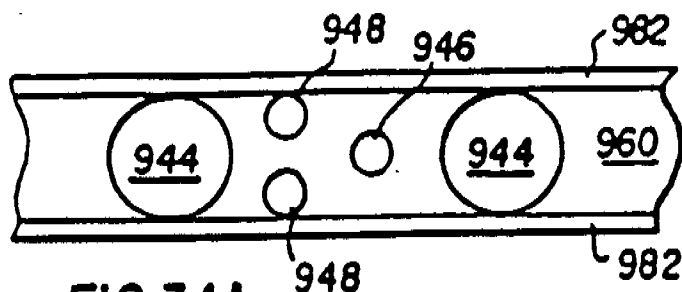


FIG. 34A

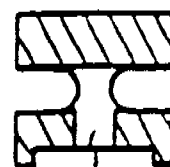


FIG. 34B

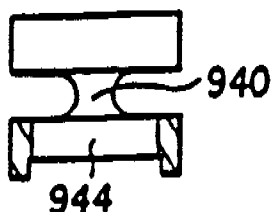


FIG. 34C

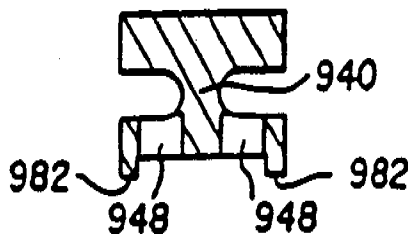


FIG. 34D

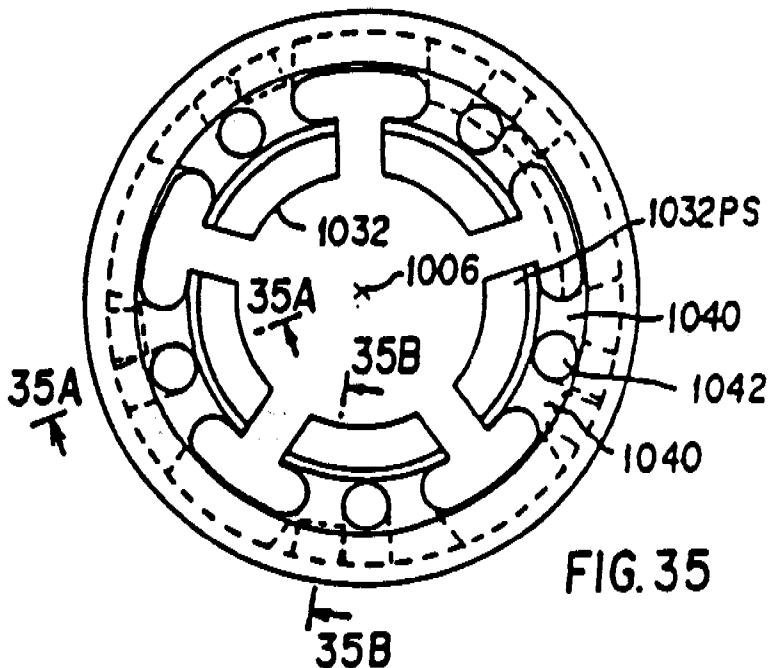


FIG. 35

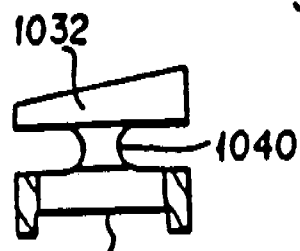


FIG. 35A

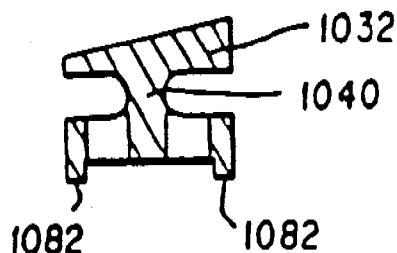


FIG. 35B

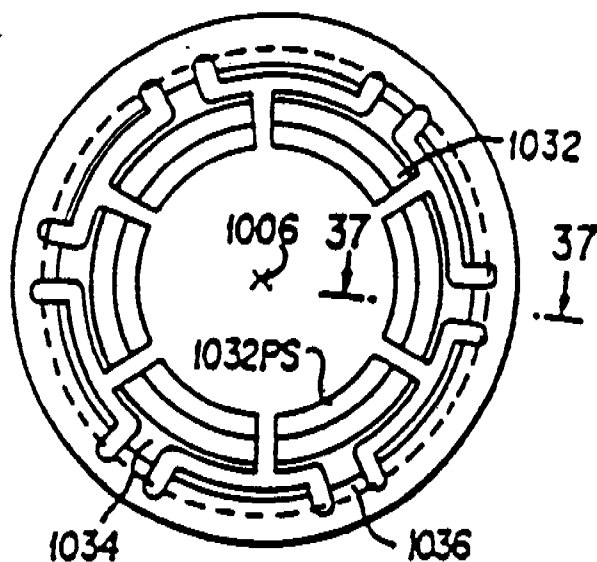
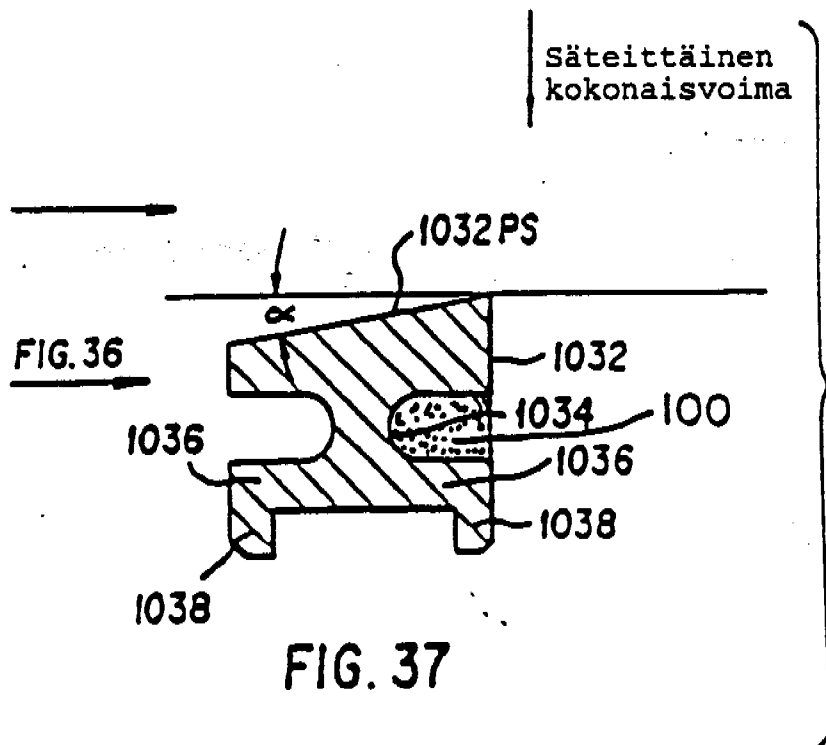


FIG. 36



22/29

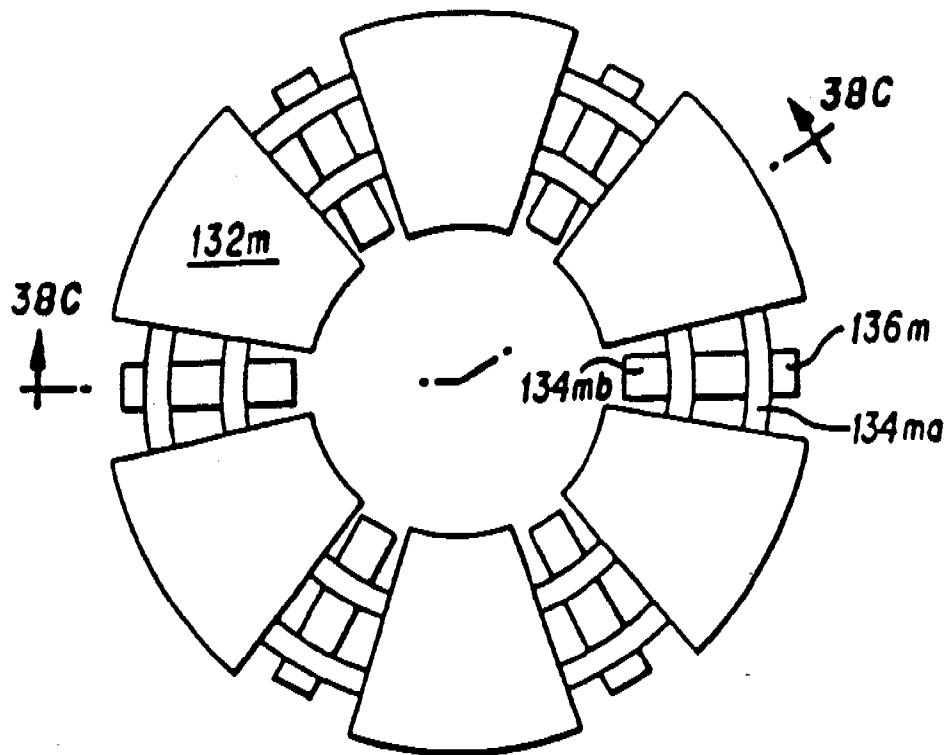


FIG. 38A

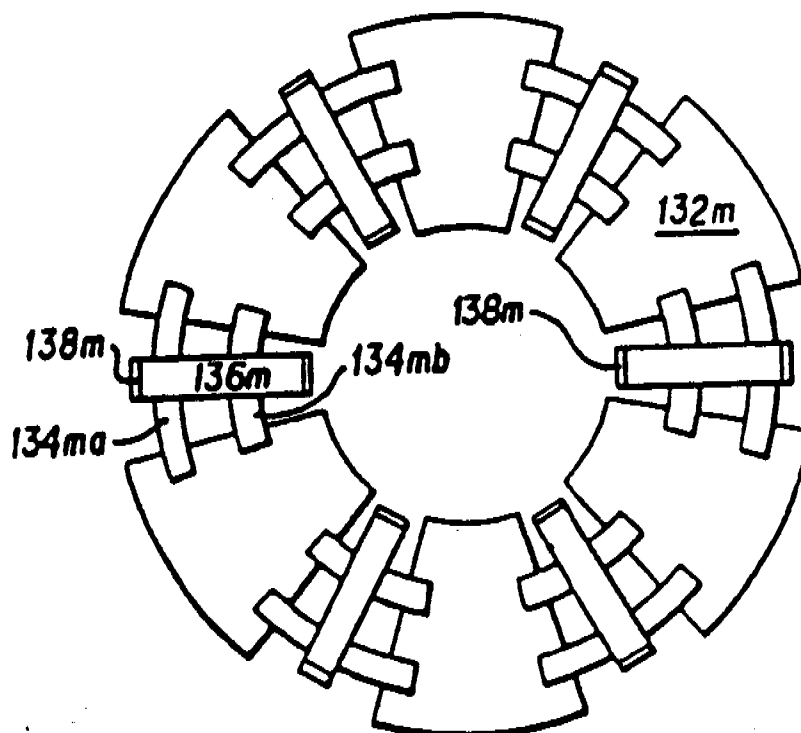


FIG. 38B

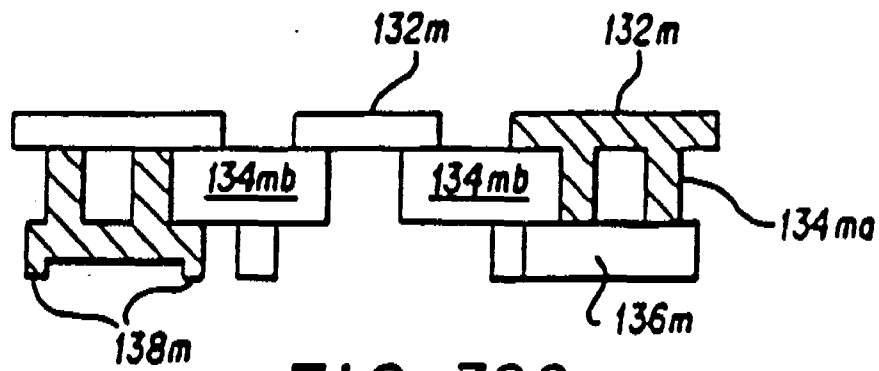


FIG. 38C

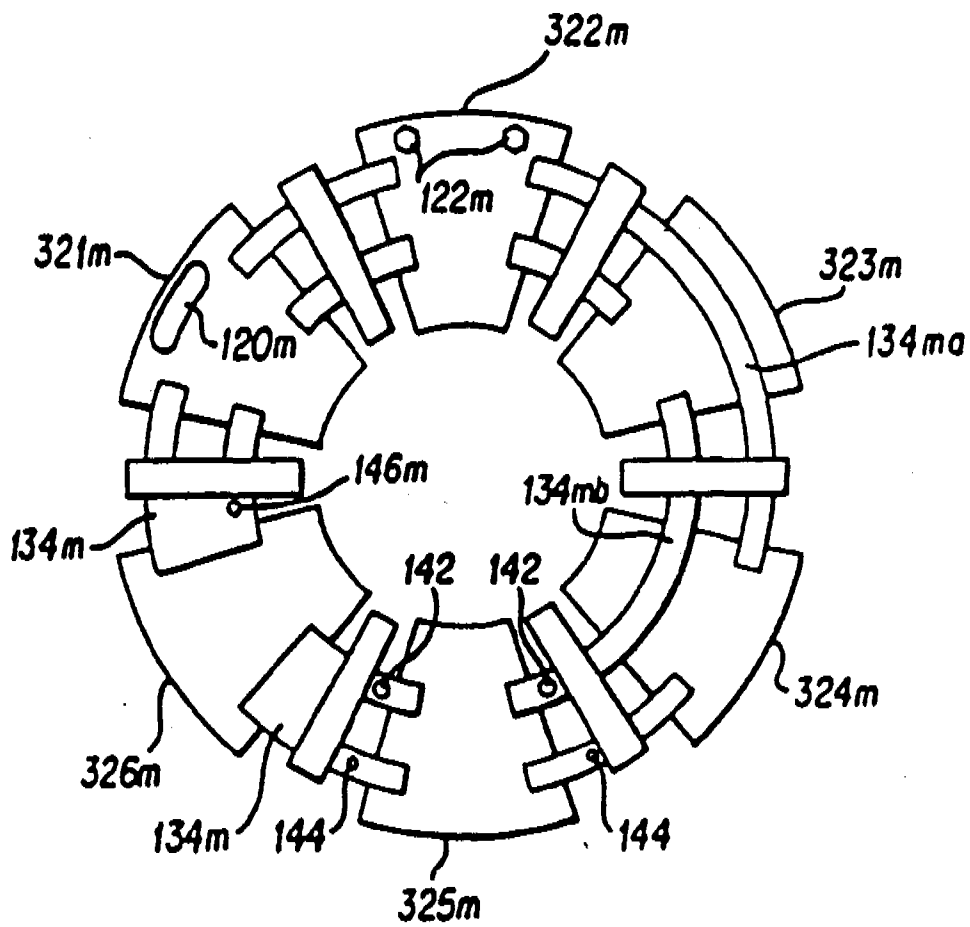


FIG. 38D

24/29

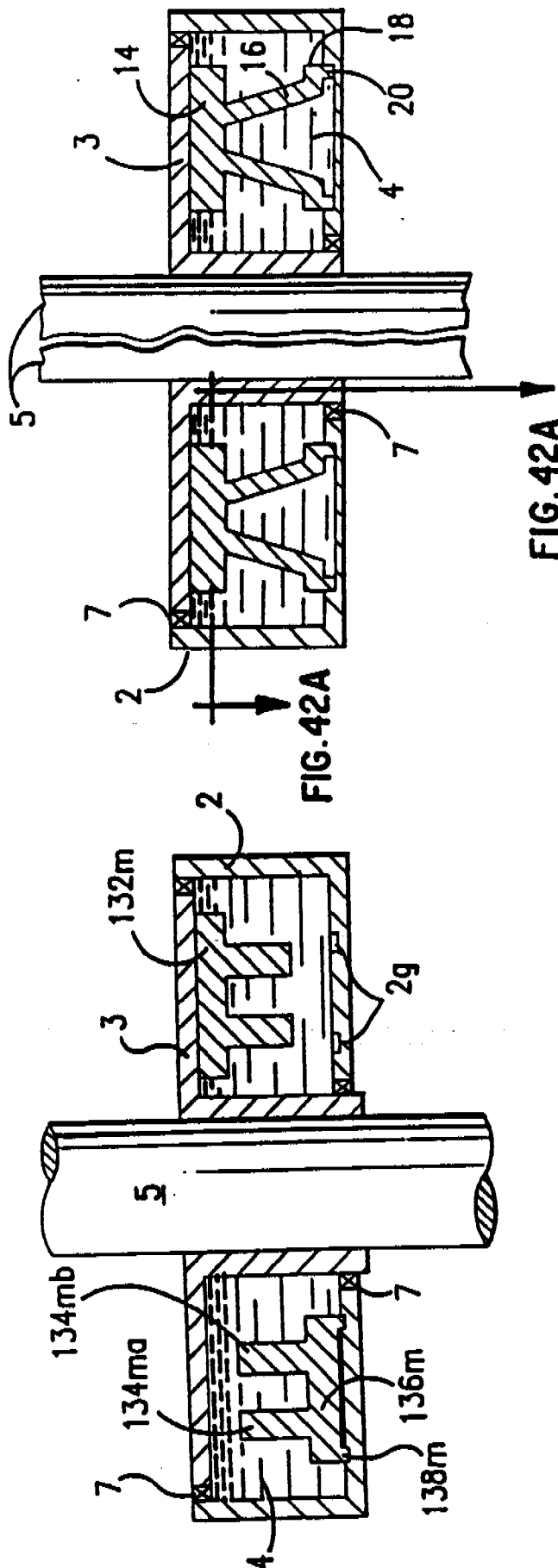


FIG. 42

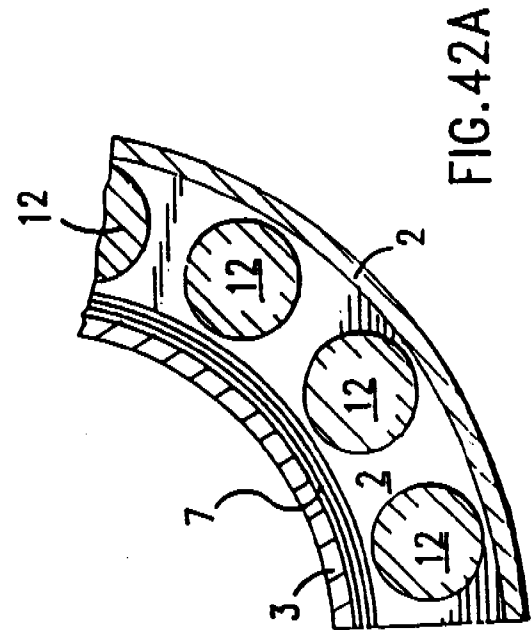


FIG. 42A

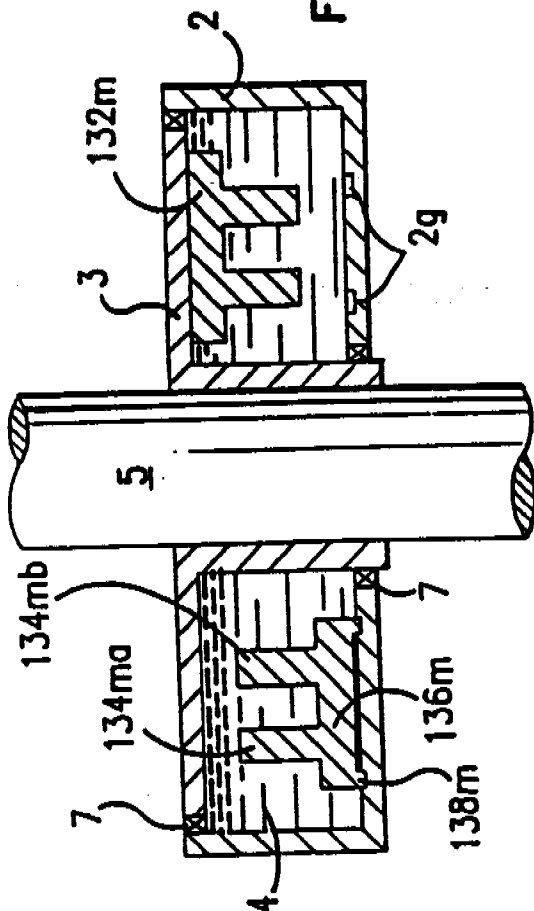
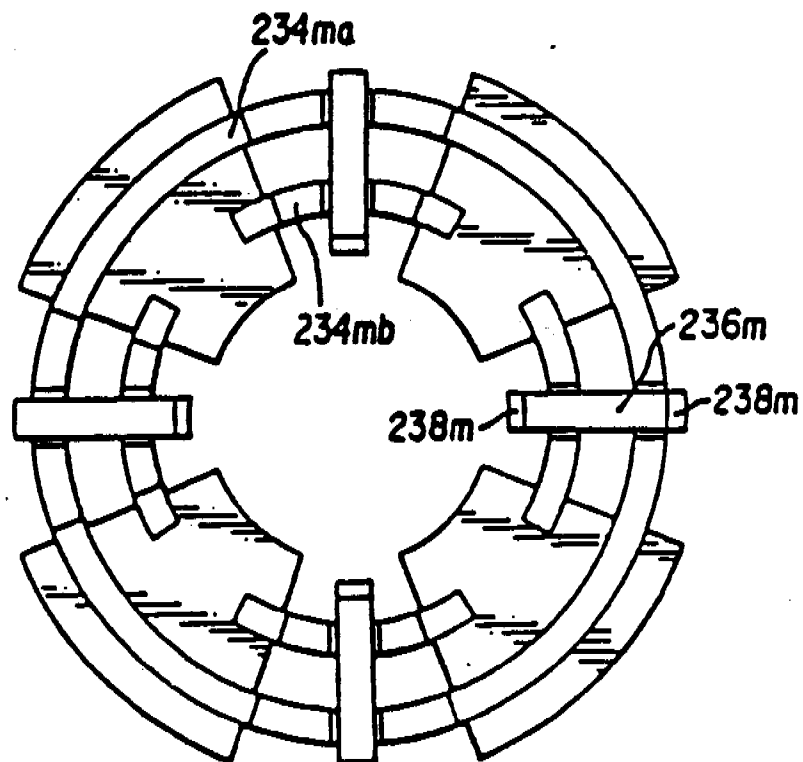
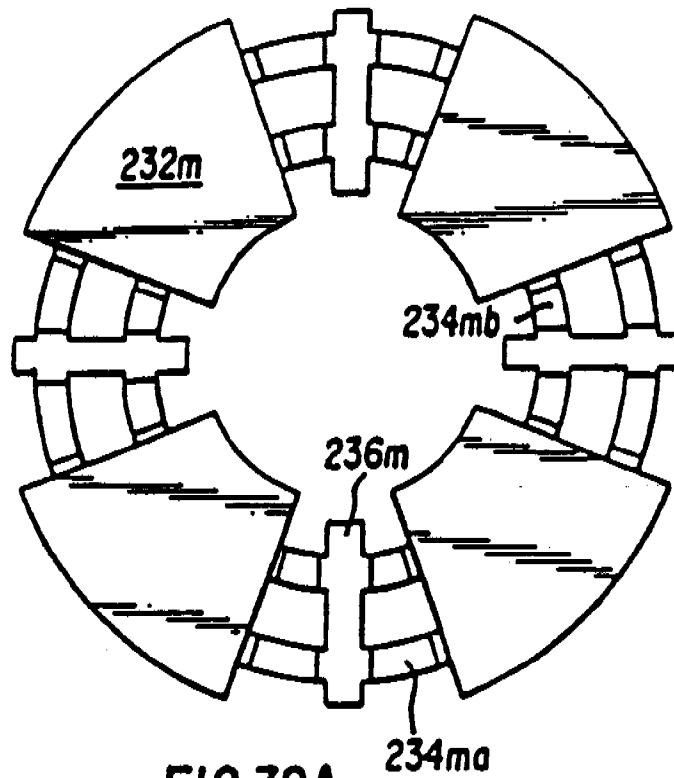


FIG. 38E

25/29



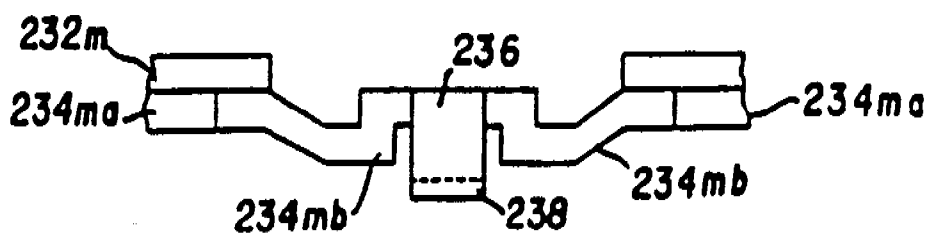


FIG. 39C

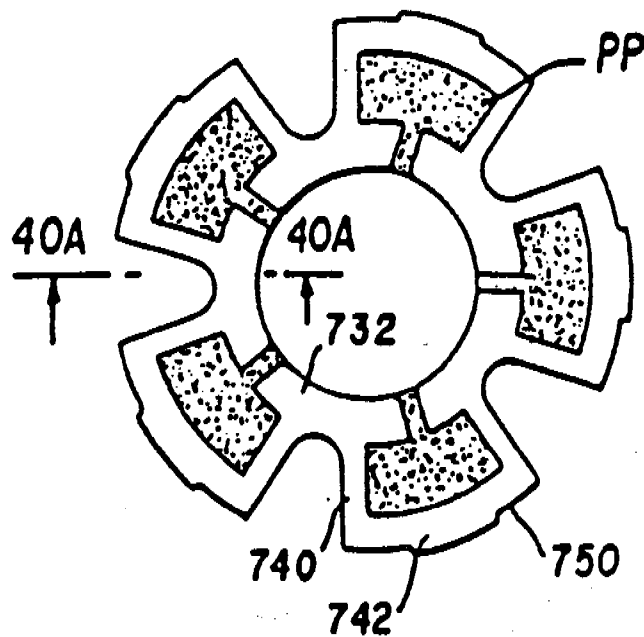


FIG. 40

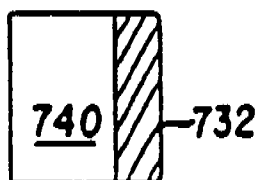


FIG. 40A

27/29

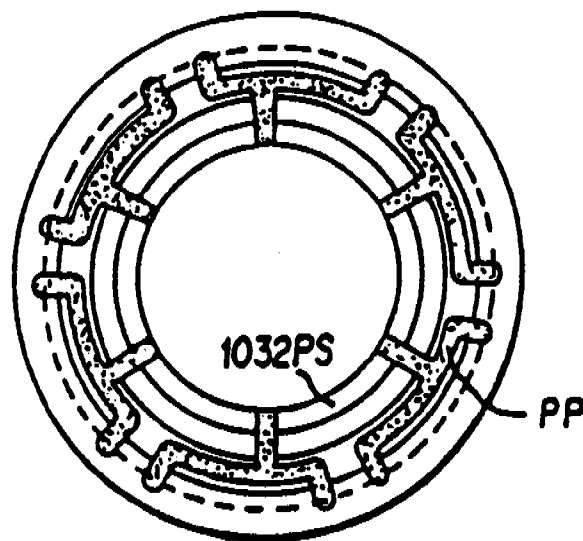


FIG. 41

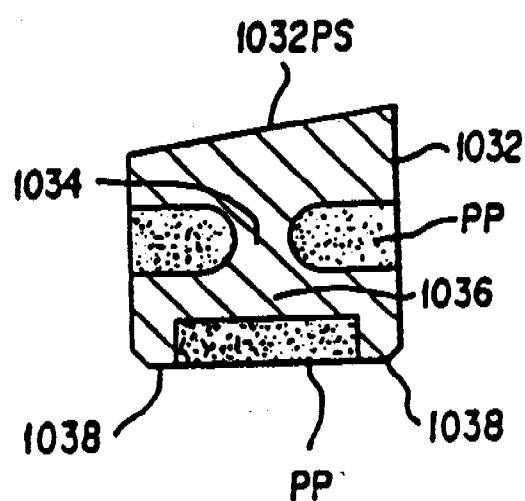


FIG. 41A

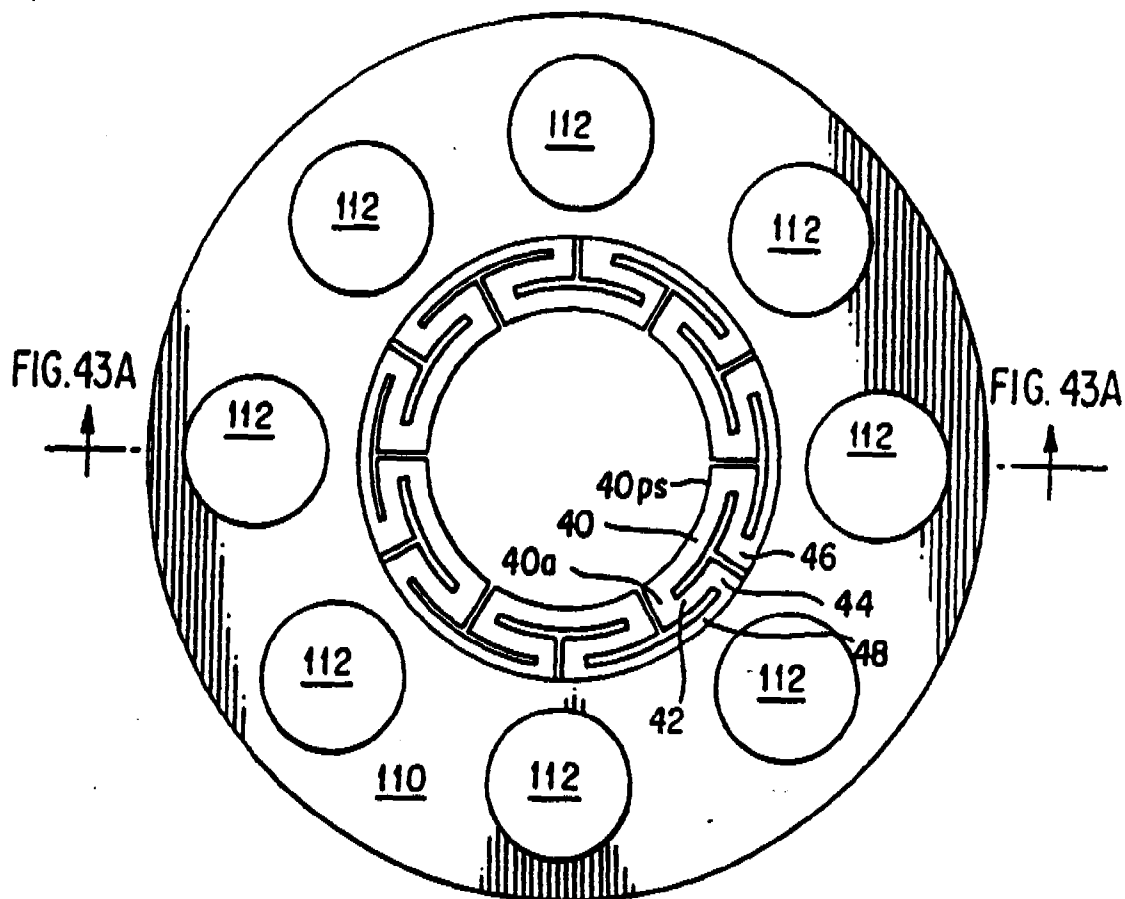


FIG. 43

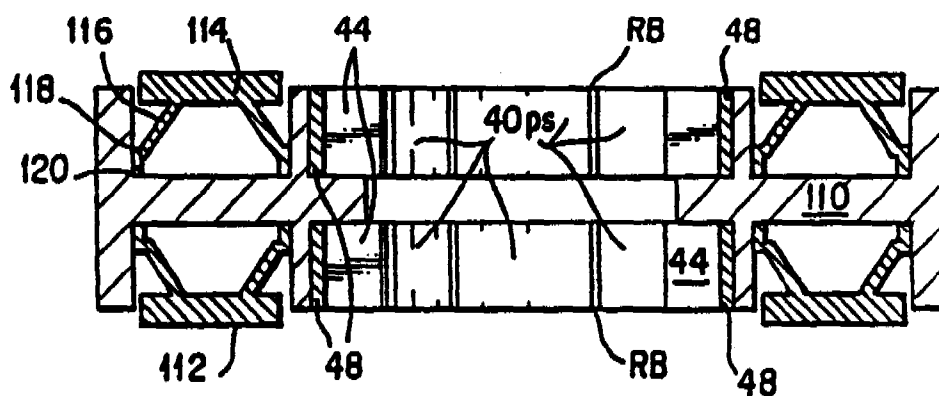


FIG. 43A

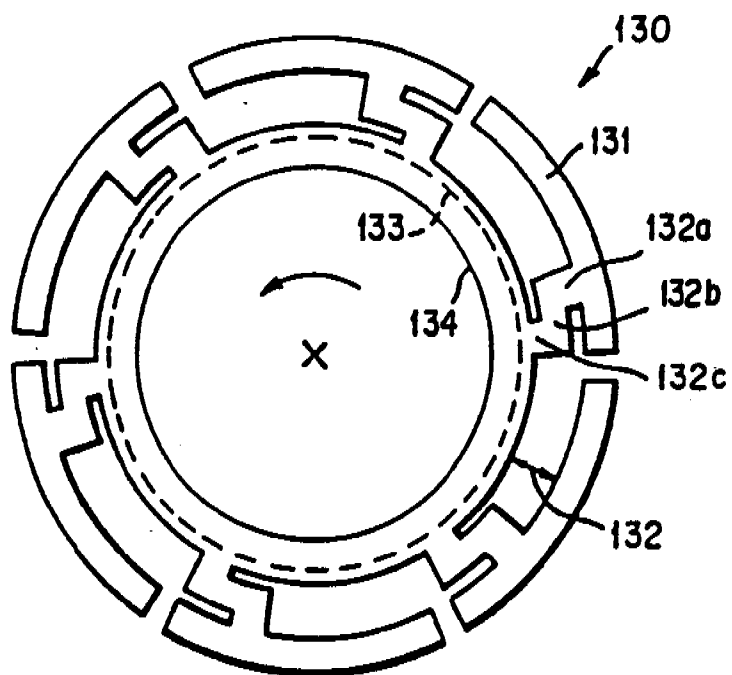


FIG. 44

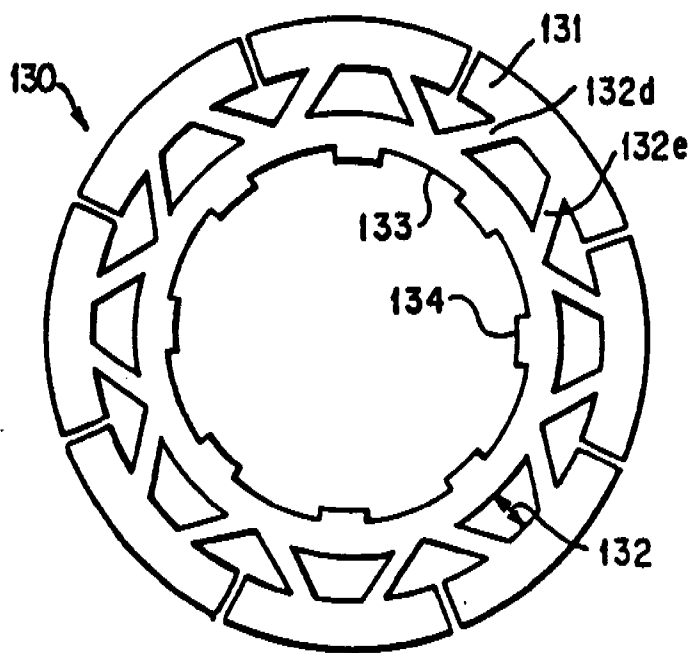


FIG. 45